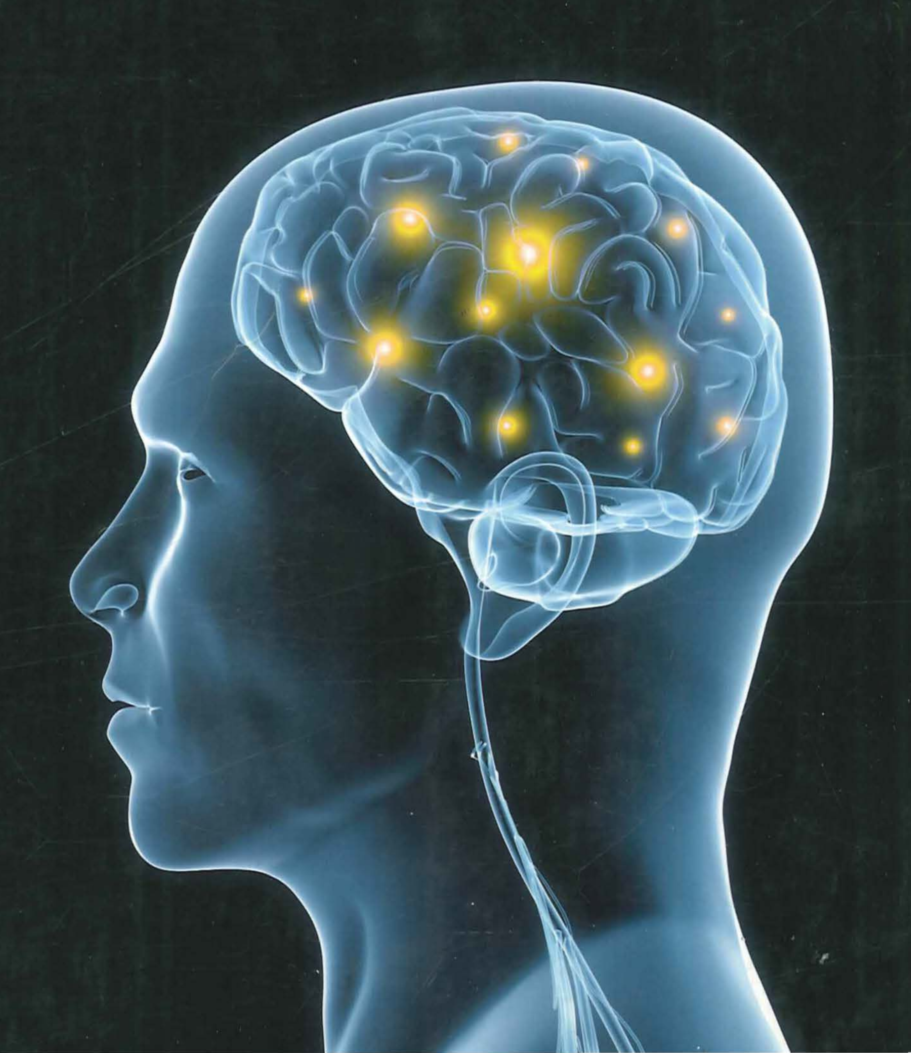
Michael S. Gazzaniga

# ¿QUÉ NOS HACE HUMANOS?

La explicación científica de nuestra singularidad como especie



PAIDÓS TRANSICIONES

¿QUÉ NOS HACE HUMANOS?

PAIDÓS TRANSICIONES

Últimos títulos publicados

M. Levine, *Contra el mito de la pereza*
R. Debray y J. Bricmont, *À la sombra de la ilustración*
H. Gardner, *Mentes flexibles*
G. Nunberg (comp.), *El futuro del libro*
N. Longworth, *El aprendizaje a lo largo de la vida en la práctica*
C. Allègre, *Un poco de ciencia para todo el mundo*
D. A. Norman, *El diseño emocional*
D. J. Watts, *Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso*
M. P. Lynch, *La importancia de la verdad*
M. S. Gazzaniga, *El cerebro ético*
H. Gee, *La escalera de Jacob. Historia del genoma humano*
G. Rizzolatti y C. Sinigaglia, *Las neuronas espejo*
R. Sapolsky, *El mono enamorado y otros ensayos sobre nuestra vida animal*
C. Allègre, *La sociedad vulnerable. Doce retos de política científica*
F. de Waal, *Primates y filósofos. La evolución de la moral del simio al hombre*
S. Pinker, *El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana*
J. Dewey, *Cómo pensamos*
N. N. Taleb, *El Cisne Negro*
B. Korisabuk y otros, *La ciencia del orgasmo*
H. Gardner, *Las cinco mentes del futuro*
D. Dennett y otros, *La naturaleza de la conciencia*
M. D. Hauser, *La mente moral. Cómo la naturaleza ha desarrollado nuestro sentido del bien y del mal*
R. Rose, *Tu cerebro mañana. Cómo será la mente del futuro*
D. Denton, *El despertar de la conciencia. La neurociencia de las emociones primarias*
N. N. Taleb, *El cisne negro*
N. N. Taleb, *¿Existe la suerte? Las trampas del azar*
A. Sokal, *Más allá de las imposturas intelectuales. Ciencia, filosofía y cultura*
D. J. Linden, *El cerebro accidental. La evolución del cerebro y el origen de los sentimientos*
S. Blackmore, *Conversaciones sobre la conciencia*
J. Lehrer, *Proust y la neurociencia. Una visión fresca y única de ocho artistas de la modernidad*
D. A. N, *El diseño de los objetos del futuro. La interacción entre el hombre y la máquina*
M. S. Gazzaniga, *¿Qué nos hace humanos? La explicación científica de nuestra singularidad como especie*
D. J. Siegel, *Cerebro y mindfulness. La reflexión y la atención plena para cultivar el bienestar*

MICHAEL S. GAZZANIGA

# ¿QUÉ NOS HACE HUMANOS?

La explicación científica de nuestra singularidad como especie



PAIDÓS
Barcelona
Buenos Aires
México

Título original: *Human*
Publicado en lengua inglesa por HarperCollins Publishers

Traducción de Francesc Forn

Cubierta de Excèntric

1.ª edición, septiembre 2010


Paseo de Recoletos, 4. 28001 Madrid

Ediciones Paidós Ibérica es un sello editorial de Espasa Libros, S.L.U.
Av. Diagonal, 662-664. 08034 Barcelona
www.paidos.com

ISBN: 978-84-493-2407-9
Depósito legal: B.29613-2010

Impreso en Cayfosa (Impresia Ibérica)
Crta. de Caldes, km. 3,7 – 08130 Sta. Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Impreso en España – *Printed in Spain*

*Para Rebecca Ann Gazzaniga, doctora en medicina...*
*La quintaesencia del ser humano y la tía favorita de todos*

# SUMARIO

## Cuarta parte
## MÁS ALLÁ DE LAS CONSTRICCIONES ACTUALES

# AGRADECIMIENTOS

Este libro empezó a gestarse hace mucho tiempo. Sus orígenes están probablemente en algún lugar de la casa J. Alfred Prufrock en el Caltech, el Instituto de Tecnología de California, donde tuve el privilegio de realizar mis estudios de posgrado. La llamábamos «la casa» y tenía varias habitaciones, una de ellas era la mía. Les aseguro que los ocupantes de las otras habitaciones eran mucho más listos y sabios que yo. La mayoría eran físicos, y todos han seguido destacadas carreras profesionales. Estudiaron a fondo problemas profundos y resolvieron muchos de ellos.

Para un joven neófito como yo, lo que tuvo un impacto más duradero de esa experiencia fueron las aspiraciones de esos hombres brillantes. Trabajar en los problemas difíciles, trabajar, trabajar y trabajar. Y yo trabajé en ellos, y sigo trabajando. Paradójicamente, el problema al que he dedicado mi vida es mucho más difícil que los suyos, y se puede resumir en la frase ¿en qué consiste ser humano? Curiosamente, ellos estaban fascinados por mi problema y, al mismo tiempo, yo no alcanzaba a entender ni siquiera los rudimentos de las herramientas conceptuales que ellos empleaban profusamente para abordar sus propios problemas. Aunque solía pulverizar en el ajedrez a uno de mis compañeros de la casa, el físico Norman Dombey, hoy en día sigo sin estar seguro de entender realmente la segunda ley de la termodinámica; de hecho, sé que no la entiendo. Sin embargo, Norman parecía entenderla a la perfección.

La atmósfera estaba impregnada de la creencia generalizada en que el objetivo de una vida con sentido es alcanzar la comprensión de sus misterios. Era esto lo que resultaba tan contagioso. De modo que aquí estoy intentándolo de nuevo, casi cuarenta y cinco años después. Y no sólo por mí mismo, ni mucho menos. El problema es tratar de descubrir qué significa ser humano, esto está muy claro. Así que, para saltar a la palestra una vez más, he recurrido a los brillantes jóvenes estudiantes que tengo a mi alrededor.

El viaje empezó hace casi tres años en el seminario para estudiantes avanzados que impartí durante mi último año en el Dartmouth College. Encomendé a un grupo extraordinario de hombres y mujeres jóvenes la tarea de reflexionar sobre los temas que me interesaba explorar, y todos se sumaron al

festín con ideas sustanciosas. Estuvimos dándole vueltas durante unos dos meses, y resultó profundamente esclarecedor. Dos de los estudiantes se contagiaron, y me complace decir que ambos se están labrando una carrera profesional en la ciencia de la mente.

El año siguiente impartí mi primera clase en la Universidad de California en Santa Bárbara, una universidad que no se avergüenza de su compromiso con la investigación y la vida académica. Esta vez ante una clase de aplicados estudiantes de posgrado, que también profundizaron en el proyecto en ciernes y aportaron sus ideas. Entonces sucedió algo sorprendente.

Un día me diagnosticaron un cáncer de próstata y dijeron que tenía que operarme. Tengo que decir que fue un día de perros, incluso para un amante de los canes. Y sin embargo estaba en manos de excelentes médicos y salí de ello con un buen pronóstico. Con todo, me sentía abrumado por el trabajo pendiente, y por suerte mi hermana Rebecca Gazzaniga, tal vez la mejor persona que jamás haya existido, estaba dispuesta a probar algo nuevo. Ella es médico, botánica, pintora, chef, viajera y la tía favorita de todos. Y ahora he descubierto que es también una adicta a la ciencia y una magnífica escritora, editora y colaboradora. Ha nacido una estrella: sin su ayuda, este libro no existiría.

He intentado ser el portavoz de los grandes talentos de mucha gente, tanto estudiantes como familiares. Lo he hecho con orgullo y alegría, pues todavía recuerdo ese particular imperativo de la casa Prufrock en el Caltech: hay que pensar en los grandes problemas. No es sólo que sean trascendentales: son estimulantes, sugestivos y duraderos. A ver qué piensa de ellos el lector.

# ¿QUÉ NOS HACE HUMANOS?

# PRÓLOGO

Siempre sonrío cuando oigo a Garrison Keillor decir: «Que tengas buena salud, haz un buen trabajo y mantén el contacto». Es un sentimiento muy simple, y sin embargo repleto de complejidad humana. Otros primates no lo tienen. Piense en ello el lector: a los de nuestra especie nos gusta desear a los demás que les vaya bien, no mal. A nadie se le ocurre decir: «Que tengas un mal día» o «haz un mal trabajo», y mantener el contacto con los demás es lo que la industria de la telefonía móvil ha descubierto que hacemos todos, incluso cuando no hay nada que contar.

En esa simple frase, Keillor encapsula nuestra humanidad. Hay una ilustración familiar que, bajo diversos encabezamientos, circula entre los biólogos evolutivos. Muestra a un simio en un extremo de una línea y a continuación varios antepasados humanos que culminan en un ser humano de elevada estatura y posición erecta, en el otro extremo. Hoy sabemos que la línea no es tan directa, pero la metáfora sigue siendo válida. Hemos evolucionado, y somos lo que somos como resultado de las fuerzas de la selección natural. Y sin embargo a mí me gustaría corregir esta ilustración. Yo veo al ser humano volviéndose, con un cuchillo en la mano, y cortando la correa imaginaria que le une a las versiones anteriores, libre de hacer cosas que ningún otro animal es capaz de hacer ni por asomo.

Los seres humanos somos especiales. Todos resolvemos problemas sin esfuerzo y de manera rutinaria. Cuando nos acercamos a una puerta corredera con las manos llenas de bolsas del supermercado, sabemos al instante cómo sacar el meñique y sujetar con él el pasador de la puerta para abrirla. La mente humana es tan creativa y dada a la figuración que podemos hacer cosas como proyectar agentividad (esto es, intención) en casi cualquier cosa: nuestras mascotas, nuestros viejos zapatos, nuestro mundo, nuestros dioses. Es como si no quisiéramos estar solos ahí arriba, en la cúspide de la cadena cognitiva, en nuestra condición de seres más listos que hay sobre la Tierra. Queremos ver a nuestro perro encandilarnos y apelar a nuestras emociones; nos imaginamos que él también puede sentir compasión, amor, odio y todo lo demás. Somos algo muy grande, y esto nos asusta un poco.

Durante cientos de años, miles de científicos y filósofos o bien han reconocido esta naturaleza excepcional, o bien la han impugnado, y han rastreado los antecedentes de todo lo que es humano en otros animales. En los últimos años, avispados científicos han descubierto antecedentes de todo tipo de conductas que habíamos supuesto exclusivamente humanas. Creíamos que sólo los seres humanos tenían la capacidad de reflexionar sobre sus propios pensamientos, la denominada «metacognición». Pues bien, esto hay que pensarlo mejor. Dos psicólogos de la Universidad de Georgia han demostrado que las ratas también tienen esta capacidad. Resulta que saben qué es lo que no saben. ¿Significa eso que deberíamos deshacernos de nuestras trampas para ratones? No es eso.

Por todas partes donde miro observo pequeñas diferencias, y siempre puede salir alguien y decir que una de ellas en particular se muestra en otros aspectos de la vida biológica. Ralph Greenspan, neurocientífico y genetista de mucho talento que trabaja en el Neuroscience Institute de La Jolla, en California, se dedica a estudiar, de entre todas las cosas, los sueños en la mosca de la fruta.

Un día, a la hora de comer, alguien le preguntó «¿Sueñan las moscas?», a lo que él replicó «Ni lo sé ni me importa». Pero luego se puso a pensar en ello y se dio cuenta de que tal vez podría aprender algo sobre el misterioso proceso por el que soñamos, que hasta ahora ha eludido todos nuestros intentos de comprensión. La versión abreviada de esta historia es que las moscas sueñan, igual que nosotros. Pero lo más importante es que, durante el sueño y la vigilia, las moscas expresan los mismos genes que nosotros. De hecho, las investigaciones actuales de Greenspan sugieren que incluso los protozoos sueñan. ¡Dios santo!

La cuestión es que la mayor parte de la actividad humana puede relacionarse con antecedentes en otros animales. Pero desanimarse ante este hecho es estar muy confundido acerca de la experiencia humana. En los capítulos siguientes, rastrearemos los datos disponibles acerca de nuestro cerebro, nuestra mente, nuestro mundo social, nuestros sentimientos, nuestros logros artísticos, nuestra capacidad de atribuir agentividad, nuestra conciencia y nuestro conocimiento cada vez mayor sobre cómo reemplazar partes de nuestro cerebro con piezas de silicona. Tras todo este recorrido, hay un hecho que emerge con claridad: aunque estemos hechos de los mismos componentes químicos y tengamos las mismas reacciones fisiológicas, somos muy distintos de otros animales. Al igual que los gases pueden volverse líquidos, y éstos a su vez pueden volverse sólidos, en la evolución tienen lugar cambios de fase, cambios tan enormes en sus implicaciones que resulta casi imposible pensar en las distintas

fases como resultado de los mismos componentes. Una niebla densa está hecha de la misma materia que un iceberg. En una relación muy compleja con el entorno, sustancias muy similares, con la misma estructura química, pueden resultar muy distintas en su realidad y en su forma.

Pues bien, mi conclusión es que en el proceso de humanización ha tenido lugar algo así como un cambio de fase. Simplemente no hay, ni habrá jamás, una sola cosa que pueda dar cuenta de nuestras espectaculares habilidades, nuestras aspiraciones y nuestra capacidad de viajar mentalmente en el tiempo hacia un mundo casi infinito, más allá de nuestra existencia fáctica. A pesar de que tenemos todas estas conexiones con el mundo biológico del cual provenimos, y de que en ciertos casos tenemos estructuras mentales semejantes, somos enormemente diferentes. Aunque compartimos con los animales la mayoría de nuestros genes y nuestra arquitectura cerebral, siempre encontraremos diferencias. Y aunque los chimpancés pueden usar piedras para abrir la cáscara de las nueces al igual que nosotros usamos tornos para pulir orfebrería fina, las diferencias son abismales. Y a pesar de que el perro de la familia nos pueda parecer empático, ninguna mascota es capaz de entender la diferencia entre la pena y la compasión.

Hubo un cambio de fase, que se produjo como consecuencia de muchas transformaciones en nuestro cerebro y en nuestra mente. Este libro es la historia de nuestra excepcionalidad, y de cómo llegamos hasta ella. Personalmente adoro a nuestra especie, y siempre lo he hecho. Nunca me ha parecido necesario minimizar nuestro éxito y nuestro dominio de este universo. Empecemos pues este viaje hacia la comprensión del porqué los seres humanos somos especiales, e intentemos pasarlo bien por el camino.

## Nota sobre la cita de fuentes

El formato de las notas de este libro sigue las normas de estilo recomendadas en el Manual de Publicación de la American Psychological Association (APA). En el momento de imprimirse la versión original de esta obra, el Manual estaba en su quinta edición, y el formato de publicación de la APA que en él se describe es un estándar ampliamente reconocido de la escritura científica en educación y psicología.

# PRIMERA PARTE

## Los fundamentos de la vida humana

# Capítulo 1
# ¿SON ÚNICOS LOS CEREBROS HUMANOS?

*El cerebro es el órgano que nos distingue de cualquier otra especie. Lo que nos hace diferentes no es la fuerza de nuestros músculos ni de nuestros huesos, es nuestro cerebro.*

PASKO T. RAKIC, «Great Issues for Medicine in the Twenty-First Century», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 882, 1999, pág. 66.

El gran psicólogo David Premack se lamentaba en una ocasión: «¿Cómo es posible que el [igualmente gran] biólogo E. O. Wilson pueda distinguir entre dos especies diferentes de hormigas a cien metros, pero no sepa ver la diferencia entre una hormiga y un ser humano?». Este comentario irónico subraya las grandes diferencias de opinión existentes en la cuestión de la singularidad humana. Parece que la mitad del mundo científico considera que hay continuidad entre el animal humano y el resto de animales, mientras que otros ven una ruptura tajante entre animales y seres humanos, ven dos clases distintas. La cuestión lleva años debatiéndose, y no tiene visos de resolverse en un futuro próximo. Después de todo, los seres humanos somos agrupadores o diferenciadores. O vemos las semejanzas o preferimos fijarnos en las diferencias.

Espero ilustrar la cuestión desde una perspectiva particular. Creo que es más bien trivial sostener que como existe, pongamos, comportamiento social tanto en los seres humanos como en las hormigas, no hay nada excepcional en el comportamiento social humano. Tanto un F-16 como una avioneta Piper Cub son aeroplanos, ambos obedecen las leyes de la física y ambos pueden llevarnos del punto A al punto B, pero sin embargo son enormemente diferentes. Quisiera empezar simplemente por reconocer las enormes diferencias entre la mente y el cerebro humanos y otras mentes y cerebros, fijándonos en qué estructuras, procesos y capacidades son únicamente humanos.

Siempre ha sido un misterio para mí la razón de que tantos neurocientíficos se pongan nerviosos cuando alguien plantea la cuestión de si podría o no haber características exclusivas del cerebro humano. ¿Por qué es tan fácil acep-

tar que hay diferencias físicas visibles que nos hacen únicos, y sin embargo resulta tan peliagudo considerar las diferencias en nuestro cerebro y su funcionamiento? Recientemente, hice la siguiente pregunta a algunos neurocientíficos: «¿Si registrases los impulsos eléctricos de una lámina del hipocampo en una bandeja, y no supieras si la lámina proviene de un ratón, un simio o un ser humano, serías capaz de notar la diferencia?». Dicho de otro modo, ¿hay algo único en la neurona humana? Un mecánico del cerebro del futuro, ¿tendría que usar una neurona de este tipo para construir un cerebro humano, o le serviría una neurona de simio o de ratón? ¿Verdad que todos presuponemos que no hay nada especial en la neurona en sí misma, que los atributos especiales de ser humano se deben a las sutilezas del cableado?

Es posible apreciar la intensidad de la respuesta con sólo un par de réplicas de entre todas las que obtuve. «Una célula es una célula y nada más. Es una unidad universal de procesamiento que, entre la abeja y el ser humano, sólo cambia en tamaño. A igual escala, no seríamos capaces de distinguir una célula piramidal de un ratón, un simio o un ser humano, ni siquiera con la ayuda de Pitonisa». ¡Ajá! Cuando estudiamos las neuronas de un ratón o una hormiga, estamos estudiando los mismos mecanismos que hay en una neurona humana y punto, no hay más.

He ahí otra respuesta: «Hay diferencias entre los tipos de neuronas de un cerebro y entre las propiedades de respuesta de las neuronas de un cerebro. Pero a mi juicio, entre los mamíferos, una neurona es una neurona. Su función viene determinada por sus conexiones de entrada y salida (y su composición sináptica)». ¡Ea! La fisiología de la neurona animal se supone de nuevo idéntica a la de un ser humano. Sin esta suposición, no tendría mucho sentido estudiar tan arduamente esas neuronas. Por supuesto que hay semejanzas, pero ¿no existen también diferencias?

Los seres humanos son únicos. Es el cómo y el porqué lo son lo que ha estado intrigando durante siglos a científicos, filósofos e incluso juristas. Cuando tratamos de distinguir entre animales y seres humanos, surgen las controversias y los debates encarnizados acerca de ideas y del significado de los datos, y cuando se desvanece el humo de la batalla, disponemos de más información sobre la que construir teorías más sólidas y ajustadas. Resulta interesante constatar que, en esta búsqueda, muchas ideas contrapuestas demuestran ser parcialmente correctas.

Pese a que es obvio para todo el mundo que los seres humanos somos físicamente únicos, también es obvio que diferimos de otros animales en aspectos mucho más complejos. Creamos arte, pasta boloñesa y máquinas complicadas, y algunos entienden la física cuántica. No necesitamos que un neurocientífico

nos diga que nuestro cerebro es el que manda, pero sí necesitamos uno que nos explique cómo lo hace. ¿Hasta qué punto somos únicos, y en qué modo lo somos?

Hasta el momento, el modo en que el cerebro dirige nuestros pensamientos y acciones se ha mostrado esquivo a nuestros intentos de explicación. Entre los muchos enigmas está el gran misterio de cómo un pensamiento emerge de entre las profundidades del inconsciente para hacerse consciente. A medida que los métodos para estudiar el cerebro se han hecho más y más sofisticados, se han resuelto algunos misterios, pero parece que al solucionar un misterio a menudo creamos otros. Los estudios de neuroimágenes cerebrales han permitido cuestionar muchos de los principios comúnmente aceptados, y descartar completamente otros. Por ejemplo, la idea de que el cerebro trabaja de manera generalista, procesando igualmente y del mismo modo toda la información entrante para después mezclarla en un mismo banco de datos, es hoy mucho menos aceptada de lo que lo era hace tan sólo quince años. Los estudios de neuroimágenes han revelado que partes específicas del cerebro se activan con tipos de información específicos. Cuando observamos una herramienta (un artefacto humano creado con un propósito específico en mente), nuestro cerebro no se dedica en su totalidad al problema de estudiarla; más bien se activa un área específica para la inspección de herramientas.

Los hallazgos en este campo han planteado muchas cuestiones. ¿Cuántos tipos específicos de información existen, cada uno con su región de activación correspondiente? ¿Cuál es la información específica que activa cada región? ¿Por qué tenemos regiones específicas para un tipo de actividad y no para otro? Y si no tenemos una región específica para cierto tipo de información, ¿qué ocurre entonces? Aunque las sofisticadas técnicas actuales de neuroimágenes pueden mostrarnos qué parte del cerebro está relacionada con tipos específicos de pensamientos o acciones, estos escáneres no nos dicen nada acerca de lo que ocurre en esa parte del cerebro. La corteza cerebral es hoy considerada «quizá la entidad más compleja conocida por la ciencia».[1]

El cerebro ya es de por sí lo bastante complicado, pero las numerosas disciplinas diferentes* que lo estudian han generado miles de dominios de información. Es un prodigio que seamos capaces de poner orden en semejante

* El cerebro no sólo ha despertado el interés de antropólogos, psicólogos, sociólogos, filósofos y políticos: también ha intrigado a biólogos de toda clase (microbiólogos, anatomistas, bioquímicos, genetistas, paleobiólogos, fisiólogos, biólogos evolutivos, neurólogos), químicos, farmacólogos e ingenieros informáticos. Más recientemente, se han subido al tren incluso especialistas en marketing y economistas.

montaña de datos. Los términos empleados en una disciplina a menudo tienen otros significados en otras. Interpretaciones ambiguas o incorrectas pueden distorsionar los hallazgos y provocar que las teorías carezcan de una fundamentación adecuada o sean refutadas en falso, permaneciendo durante décadas sin ser cuestionadas o revalidadas. Políticos y otras figuras públicas a menudo malinterpretan o ignoran ciertos hallazgos para respaldar una determinada política o suprimir de un plumazo programas de investigación políticamente inconvenientes. A pesar de todo, no hay que desanimarse. Los científicos son como un perro con un hueso: siguen tirando de él y mordisqueándolo hasta que al final consiguen darle sentido.

Empecemos nuestro examen del carácter único de los humanos en el modo en que se ha llevado a cabo en el pasado: simplemente observando este cerebro nuestro. ¿Puede decirnos algo su aspecto?

## ¿GRANDES CEREBROS Y GRANDES IDEAS?

La neuroanatomía comparada consiste en lo que su nombre indica: en comparar los cerebros de diferentes especies en cuanto a su tamaño y estructura. Eso es importante, porque para saber lo que tiene de exclusivo el cerebro humano, o de hecho cualquier otro cerebro, uno necesita saber en qué se parecen y en qué se distinguen los distintos cerebros. Ésta solía ser una tarea fácil para la que no se precisaba de mucho equipo, quizás una buena sierra y una balanza, que era casi todo lo que había disponible hasta mediados del siglo XIX. Entonces Charles Darwin publicó su obra *El origen de las especies*, y la cuestión de si el hombre había descendido de los simios se convirtió en el centro del debate. La anatomía comparada salió a la palestra, y el cerebro se convirtió en el actor principal.

A lo largo de la historia de la neurociencia, ciertos presupuestos han adquirido carta de naturaleza. Uno es que el desarrollo de una capacidad cognitiva en aumento está relacionado con un incremento del tamaño del cerebro a lo largo de la evolución. Ésta era la concepción de Darwin, que escribió que «la diferencia entre el hombre y los animales superiores, aunque sea grande, es ciertamente de grado y no de clase»,[2] y la de su aliado, el neuroanatomista T. H. Huxley, que negaba que los seres humanos tuviesen características cerebrales únicas aparte del tamaño.[3] La aceptación general de esta noción de que todos los cerebros de los mamíferos tenían los mismos componentes pero que, a medida que el cerebro crecía, su funcionamiento se hacía más y más complejo, desembocó en la construcción de la escala filogenética que algunos de no-

sotros aprendimos en la escuela, con el hombre sentado en lo más alto de una escalera evolutiva, y no en la punta de la rama de un árbol.[1] Sin embargo, Ralph Holloway, actualmente catedrático de antropología en la Universidad de Columbia, no estaba de acuerdo. A mediados de la década de los sesenta del siglo XX, sugirió que los cambios evolutivos en la capacidad cognitiva eran el resultado de una reorganización cerebral y no únicamente de cambios de tamaño.[4] Este desacuerdo sobre cuáles son las diferencias entre el cerebro humano y el de los demás animales, y las que hay entre los cerebros de otros animales entre ellos —sean diferencias cuantitativas o cualitativas— continúa.

Todd M. Preuss, neurocientífico del Centro Nacional de Investigación sobre Primates en Yerkes, señala el motivo de que este desacuerdo sea tan controvertido y de que los nuevos descubrimientos de diferencias en conectividad se hayan considerado «inconvenientes».[1] Muchas de las generalizaciones acerca de la organización cortical se han basado en el presupuesto de la «cantidad», que ha impulsado a los científicos a creer que los hallazgos basados en modelos de estructuras cerebrales de otros mamíferos, como ratas y monos, pueden extrapolarse a los seres humanos. Si esta presunción no es correcta, habrá repercusiones con eco en muchos otros campos, tales como la antropología, la psicología, la paleontología, la sociología, etcétera. Preuss aboga por realizar estudios comparativos de los cerebros de los mamíferos más que por emplear el cerebro de una rata, por ejemplo, como modelo de cómo funciona un cerebro humano pero a menor escala. Él y muchos otros han descubierto que, en el nivel microscópico, los cerebros de los mamíferos son muy distintos unos de otros.[5]

¿Es correcto este presupuesto de la cantidad? Por lo visto, no. Muchos mamíferos tienen un cerebro mayor que el de los seres humanos en lo referente a tamaño cerebral absoluto. El cerebro de la ballena azul es cinco veces mayor que el cerebro humano.[6] ¿Es cinco veces más lista? Lo dudo mucho. Tiene un cuerpo mayor que debe controlar y una estructura cerebral más simple. Aunque el capitán Ahab quizá se encontró con una ballena intelectualmente estimulante (aunque él se las tuvo con un cachalote, cuyo cerebro es también mayor que el de un ser humano), ésta no ha sido una experiencia generalizada. Así que tal vez importe el tamaño cerebral proporcional (alométrico): el tamaño del cerebro comparado con el tamaño del cuerpo, a menudo denominado «tamaño cerebral relativo». Calcular las diferencias de tamaño cerebral de este modo pone a la ballena en su sitio, con un tamaño cerebral que sólo representa el 0,01 % de su peso corporal en comparación con el cerebro humano, que representa el 2 %. Al mismo tiempo, considérese el cerebro del ratón de abazones, que representa un 10 % de su peso corporal. De hecho, a principios del

siglo XIX, el anatomista Georges Cuvier afirmó que «a igualdad del resto de condiciones, los animales pequeños tienen cerebros proporcionalmente mayores».[6] Resulta que el tamaño cerebral proporcional se incrementa de modo previsible a medida que se reduce el tamaño corporal.

El cerebro humano, sin embargo, es cuatro o cinco veces mayor de lo que cabría esperar en un mamífero de tamaño comparable.[7] De hecho, en el linaje de los homínidos (simios) en general (del que hemos evolucionado los seres humanos), el tamaño cerebral se ha incrementado mucho más rápidamente que el tamaño corporal. Éste no es el caso en otros grupos de primates, y el cerebro humano ha aumentado muchísimo de tamaño tras la separación de nuestro linaje y el de los chimpancés.[8] Mientras que un cerebro de chimpancé pesa cerca de 400 gramos, un cerebro humano pesa cerca de 1.300 gramos.[6] De modo que sí tenemos el cerebro grande. ¿Es esto lo que es excepcional y puede explicar nuestro intelecto?

¿Se acuerda el lector de los neandertales? El *Homo neanderthalensis* tenía una masa corporal comparable a la del *Homo sapiens*,[9] pero con un volumen craneal ligeramente superior, de unos 1.520 centímetros cúbicos (cc) comparado con los 1.340 cc típicos de los seres humanos actuales. Así que también tenían un tamaño cerebral relativo mayor que los seres humanos. ¿Tenían una inteligencia similar a la de éstos? Los neandertales fabricaban herramientas y al parecer importaban materias primas de lugares lejanos; inventaron técnicas estandarizadas para construir lanzas y herramientas,[10] y hace unos 50.000 años empezaron a pintarse el cuerpo y a enterrar a sus muertos.[11] Para muchos investigadores, estas actividades son índices de una cierta autoconciencia y los rudimentos del pensamiento simbólico,[6] que es importante porque se considera el componente esencial del lenguaje humano.[12] Nadie sabe cuál era el alcance de sus capacidades lingüísticas, pero está claro que la cultura material neandertal no era ni de lejos tan compleja como la de sus contemporáneos *Homo sapiens*.[13, 14] De todos modos, aunque el mayor cerebro de los neandertales no era tan competente como el del *Homo sapiens*, era claramente más avanzado que el de un chimpancé. El otro problema de la teoría del cerebro grande es que el tamaño cerebral del *Homo sapiens* se ha reducido cerca de 150 cc a lo largo de la historia de la especie, mientras que su cultura y estructura social se han hecho más complejas. Así que el tamaño cerebral relativo quizás es importante, pero no lo es todo, y puesto que estamos tratando de «quizá la entidad más compleja conocida por la ciencia», ello no debería sorprendernos en absoluto.

Partiendo de mi propia perspectiva sobre esta cuestión, el argumento del tamaño cerebral nunca me ha convencido. Durante los últimos cuarenta y

cinco años he estudiado pacientes de cerebro dividido, pacientes cuyos hemisferios cerebrales habían sido separados mediante cirugía para intentar controlar su epilepsia. Después de la operación quirúrgica, el hemisferio derecho ya no podía mantener una comunicación significativa con el hemisferio izquierdo, y entonces quedaban aislados el uno del otro. De hecho, un cerebro interconectado de 1.340 gramos se había convertido en un cerebro de 670 gramos. ¿Qué le ocurre entonces a la inteligencia?

En realidad, no mucho. Lo que podemos ver es la especialización que los seres humanos hemos desarrollado a lo largo de años de cambio evolutivo. El hemisferio izquierdo es la mitad lista del cerebro: habla, piensa y genera hipótesis. El hemisferio derecho no lo hace: es el pariente simbólicamente pobre del izquierdo. Por otra parte, hay algunas habilidades en las que el derecho es superior, especialmente en el dominio de la percepción visual. Sin embargo, para nuestros propósitos actuales, la cuestión principal es que el hemisferio izquierdo sigue siendo tan apto cognitivamente como lo era antes de ser desconectado del derecho, con lo que supera en mucho la capacidad de sus 670 gramos. Los cerebros listos dependen de algo más que del mero tamaño.

Antes de dejar la cuestión del tamaño cerebral, hay nuevas y apasionantes noticias procedentes del campo de la genética. La investigación en genética está revolucionando muchos campos, incluida la neurociencia. Para aquellos de nosotros que somos entusiastas de la selección natural, parece razonable presuponer que la explosión en el tamaño del cerebro humano es el resultado de la selección natural, que actúa por medio de muchos mecanismos. Los genes son regiones funcionales de los cromosomas (estructuras microscópicas filiformes que se encuentran en el núcleo de todas las células y son las portadoras de las características hereditarias), y estas regiones consisten en secuencias de ADN.* En ocasiones, estas secuencias varían ligeramente y, como consecuencia de ello, el efecto de ese gen particular puede variar en una manera determinada; las secuencias variantes se denominan «alelos». Así, la codificación genética del color de una flor puede variar en su pareja de bases de ADN, y traducirse en un color de flor diferente. Cuando un alelo tiene un efecto tan importante y positivo en un organismo que mejora su aptitud para la supervivencia o le permite reproducirse más, tenemos lo que se denomina una «selec-

* El ácido desoxirribonucleico, o ADN, es una molécula de doble cara de forma helicoidal, con una columna vertebral compuesta de azúcares y fosfatos. Cada azúcar tiene asociado uno de cuatro tipos de bases: adenina (abreviada A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Estas bases están a su vez asociadas unas a otras (A con T, C con G), y entre todas sostienen la hélice. La secuencia de estas bases es la portadora del código genético.

ción positiva» o «selección direccional» de ese alelo. La selección natural favorecería semejante variante, y ese alelo en particular pronto empezaría a ser más y más común.

Si bien no conocemos todas las funciones de los genes, hay muchos de ellos implicados en el desarrollo del cerebro humano que difieren de los de otros mamíferos, y específicamente de los de otros primates.* Durante el desarrollo del embrión, estos genes están implicados en la determinación del número de neuronas que tendrá el cerebro y también de lo grande que será. De una especie a otra, no hay muchas diferencias en los genes que hacen las «tareas domésticas» en el sistema nervioso, que son los que están involucrados en las funciones celulares más básicas, como el metabolismo y la síntesis proteica.[15] Sin embargo, se han identificado dos genes que son los reguladores específicos del tamaño cerebral: MCPH1[16] y ASPM (el gen anómalo fusiforme asociado con la microcefalia).**[17] Estos genes fueron descubiertos porque, cuando son defectuosos, causan un problema que se transmite de padres a hijos. Un defecto en cualquiera de estos dos genes provoca microcefalia primaria, un trastorno autosómico recesivo*** del desarrollo neurológico. Este trastorno se caracteriza por

* Entre éstos se cuentan los genes llamados ASPM, MCPH1, CDK5RAP2, CENPJ, *sonic hedgehog* (erizo sónico), APAF1 y CASP3.

** La historia es fascinante. En los años sesenta del siglo XX, Pakistán construyó la presa Mangla en el río Jhelum, para generar energía y almacenar agua para regadío. El lago que se creó detrás de la presa inundó el valle, y 20.000 familias de la región de Mirpur, en Cachemira, perdieron sus hogares y sus fértiles granjas. Muchas de estas familias se trasladaron a Yorkshire, en Inglaterra, donde había demanda de obreros textiles cualificados. Muchos años más tarde, C. Geoffrey Woods, médico y genetista clínico de la Universidad del Hospital de St. James de Leeds, Inglaterra, se dio cuenta de que varias de las familias pakistaníes que atendía tenían niños con microcefalia primaria. Empezó a estudiar el ADN de los niños que padecían la enfermedad y el de sus parientes asintomáticos, y eso le permitió descubrir estos dos genes. La presa Mangla fue un proyecto controvertido en su época, y hoy vuelve a serlo de nuevo. El gobierno pakistaní está actualmente intentando aumentar su tamaño, lo que desplazará entre 44.000 y 100.000 personas más. Para una breve reseña del trabajo detectivesco que llevó al descubrimiento de estos dos genes, véase A. Kumar, M. Markandaya y S. C. Girimaji, «Primary Microcephaly: Microcephalin and ASPM determine the size of the human brain», *Journal of Biosciences*, nº 27, 2002, págs. 629-632.

*** Cada persona tiene dos copias de cada gen en cromosomas no dependientes del sexo, uno proveniente de la madre y otro del padre. Si un gen es recesivo, para que pueda causar una característica visible o detectable tiene que haber una copia de él tanto en el cromosoma que viene de la madre como en el que viene del padre. Si sólo hay una copia, digamos la de la madre, entonces es el gen dominante procedente del padre el que determinará la característica visible. Para que un carácter recesivo se manifieste en el hijo, ambos padres tienen que ser portadores

dos rasgos principales: un tamaño craneal marcadamente reducido, consecuencia de un cerebro pequeño pero arquitectónicamente normal, y un retraso mental no progresivo. Los genes recibieron el nombre de la enfermedad que pueden causar si son defectuosos.* Es la corteza cerebral (recuerde el lector este extremo) la que muestra una mayor reducción de tamaño. De hecho, el tamaño cerebral se reduce de un modo tan drástico (tres desviaciones estándar por debajo de la media) que es comparable en tamaño al de los primeros homínidos.[18]

Investigaciones recientes llevadas a cabo en el laboratorio de Bruce Lahn, catedrático de genética en la Universidad de Chicago y en el Instituto Médico Howard Hughes, han demostrado que, durante la evolución del *Homo sapiens*, ambos genes han sufrido cambios significativos bajo la presión de la selección natural. Hay pruebas de una evolución acelerada del gen MCPH1 (sin el defecto) a lo largo de todo el linaje primate,[19] y por su parte el gen ASPM (también sin el defecto) ha evolucionado muy rápidamente tras separarse los seres humanos y los chimpancés;[20] ambos genes aparecen así como la causa del fulgurante incremento del tamaño cerebral de nuestros antepasados.

«Evolución acelerada» significa exactamente esto. Estos genes eran auténticos fueras de serie, pues producían un rasgo que otorgaba a sus poseedores una obvia ventaja competitiva. Puesto que quien los poseía tuvo más descendencia, se convirtieron en genes dominantes. No contentos con estos hallazgos, los investigadores se preguntaron si estos genes podrían resolver la cuestión de si el cerebro humano sigue evolucionando; pues bien, resulta que sí pueden, y que el cerebro no deja de evolucionar. Los genetistas pensaron que un gen que, como los responsables del incremento en el tamaño del cerebro, ha evolucionado adaptativamente a lo largo de la constitución de la especie humana probablemente continúa evolucionando. ¿Quién iba a imaginarlo?

Los científicos compararon las secuencias genéticas de personas de todo el mundo de etnia y procedencia geográfica diversas, y descubrieron que había algunas diferencias de secuencia (conocidas como polimorfismos) en los genes que codifican el sistema nervioso. Analizando los patrones de polimorfismo y la distribución geográfica, mediante probabilidades genéticas y otros métodos diferentes, hallaron pruebas de que algunos de esos genes experimentan una

del carácter. Si ambos padres son portadores del carácter recesivo, cada hijo tiene un 25 % de probabilidades de que se manifieste en él.

* Quien esté interesado en la nomenclatura de los genes, puede visitar este sitio web: <gene.ucl.ac.uk/nomenclature>.

selección positiva actualmente en curso en los seres humanos. Calcularon que hace aproximadamente 37.000 años, coincidiendo con la emergencia de los seres humanos modernos en sentido cultural, surgió una variante genética del gen MCPH1 cuya frecuencia creció con demasiada rapidez para ser compatible con una deriva genética al azar o con migraciones de población. Esto sugiere que experimentó una selección positiva.[21] Hace unos 5.800 años, coincidiendo con la expansión de la agricultura, las ciudades y el primer registro de lenguaje escrito, surgió una variante del gen ASPM. También en este caso, las frecuencias con que el gen se encuentra en la población son tan elevadas que indican una poderosa selección positiva.[22]

Todo esto suena prometedor: tenemos grandes cerebros, algunos de los cuales han descubierto al menos parte de los genes que codifican los cerebros grandes, y a su vez estos genes parecen haber cambiado en momentos clave de nuestra evolución. ¿No significa esto que ellos son la causa de todo y que son lo que nos hace únicos? Si el lector piensa que va a encontrar la respuesta al principio del primer capítulo de este libro, es que no está usando su gran cerebro. No sabemos si los cambios genéticos causaron los cambios culturales o si hubo sinergia,[23] y aunque fueran los causantes, ¿qué es exactamente lo que ocurre en estos cerebros grandes y cómo ocurre? ¿Pasa solamente en los nuestros o también, pero en un grado menor, en los de nuestros parientes los chimpancés?*

## ESTRUCTURA CEREBRAL

La estructura del cerebro puede observarse a tres niveles distintos: regiones cerebrales, tipos de células y moléculas. Como recordará el lector, antes he dicho que la neuroanatomía solía ser una tarea fácil. El eminente psicólogo experimental Karl Lashley aconsejó en una ocasión a mi mentor Roger Sperry lo siguiente: «No te dediques a la enseñanza. Pero si tienes que enseñar, enseña neuroanatomía, es lo que nunca cambia». Pues bien, las cosas han cambiado. No sólo se pueden estudiar secciones del cerebro bajo el microscopio con numerosas técnicas de coloración diferentes, que suministran in-

* Estamos sentados en una rama del árbol evolutivo, no en lo alto de una escalera. Los chimpancés son nuestros parientes vivos más cercanos, y compartimos con ellos un antepasado común. En los estudios sobre animales las comparaciones con los chimpancés son muy frecuentes, puesto que son los candidatos más probables a poseer capacidades similares a las nuestras.

formación diferente, sino que también puede emplearse una gran diversidad de métodos químicos distintos, como el trazado radioactivo, la fluorescencia, técnicas de histoquímica e inmunohistoquímica enzimáticas, todo tipo de escáneres y muchas cosas más. Lo que resulta restrictivo hoy es el material de estudio de verdad. Los cerebros de primates no son fáciles de conseguir: los chimpancés figuran en la lista de especies en peligro de extinción, los gorilas y los orangutanes no son en absoluto más numerosos, y aunque hay muchos seres humanos con cerebro, pocos parecen dispuestos a deshacerse de él. Muchos estudios realizados en algunas especies son invasivos y terminales, impopulares en el *Homo sapiens*. Los estudios de neuroimágenes cerebrales son difíciles de realizar en especies no humanas. ¡Es dificilísimo conseguir que un gorila se tienda y se quede quieto! A pesar de todo, hay muchas herramientas, y aunque se obtienen enormes cantidades de información, no se sabe todo lo que podría saberse. De hecho, sólo se conoce con seguridad una pequeña parte. Si bien esto es bueno para el futuro laboral de los neurocientíficos, las enormes lagunas en el conocimiento fomentan la especulación y la división de opiniones.

## *Regiones cerebrales*

¿Qué sabemos sobre la evolución del cerebro? ¿Ha incrementado su tamaño el cerebro en su totalidad, o sólo lo han hecho áreas específicas?

Algunas definiciones pueden servir de ayuda. La corteza cerebral es la porción externa del cerebro, del tamaño aproximado de un gran trapo de cocina que envuelve el resto. Consiste en seis capas de células nerviosas y los circuitos que las conectan. El aumento de la corteza cerebral da cuenta de casi toda la diferencia en tamaño cerebral entre los seres humanos y el resto de los primates. Está muy interconectada: de todas las conexiones cerebrales, el 75 % se hallan en la corteza; el 25 % restante son conexiones de entrada y salida entre ella y otras partes del cerebro y el sistema nervioso.[6]

La neocorteza es la región evolutivamente más nueva de la corteza cerebral y es donde tiene lugar la percepción sensorial, la generación de órdenes motoras, el razonamiento espacial, el pensamiento consciente y, en nosotros los *Homo sapiens*, el lenguaje. La neocorteza se divide anatómicamente en cuatro lóbulos: el lóbulo frontal y tres lóbulos posteriores, el parietal, el temporal y el occipital. Todo el mundo está de acuerdo en que en los primates, incluidos los seres humanos, la neocorteza es inusitadamente grande. La neocorteza de un erizo representa el 16 % del peso de su cerebro; en el galago (una especie de

pequeño simio), representa el 46 %; y en un chimpancé, el 76 %. En los seres humanos, la neocorteza es aún más grande.[6]

¿Qué significa que una parte del cerebro ha aumentado de tamaño? En el aumento de tamaño proporcional, todas las partes crecen en la misma proporción. Si el cerebro es dos veces mayor, cada parte individual del mismo es dos veces mayor. En el incremento de tamaño desproporcionado, una parte, o varias, ha aumentado más que las demás. Normalmente, a medida que las regiones cerebrales cambian de tamaño, también cambia su estructura interna, al igual que ocurre con las organizaciones empresariales. Imagine el lector que él y un amigo inventan un nuevo chisme y venden unos cuantos. Una vez que los chismes en cuestión se han hecho populares, será preciso contratar a más personas para construirlos, y también a una secretaria y a un representante comercial; y más adelante harán falta especialistas.

Con el cerebro pasa lo mismo. Cuando un área crece, pueden producirse subdivisiones en una parte de una estructura que se especializa en una actividad particular. Cuando el cerebro crece, lo que en realidad crece es el número de neuronas, pero el tamaño de éstas es relativamente constante entre las diferentes especies. Una neurona tiene una capacidad de conexión limitada a un número determinado de otras neuronas. Así que, aunque aumente su número, no puede aumentar el número de conexiones que cada una de ellas puede establecer. Lo que suele ocurrir es que, a medida que aumenta el tamaño cerebral absoluto, decrece la conectividad proporcional. Una neurona no puede conectarse con cualquier otra. El cerebro humano tiene miles de millones de neuronas que están organizadas en circuitos locales. Si estos circuitos forman una pila compacta, como una tarta, constituyen una región cortical; si más que una pila forman un haz, se denominan «núcleos». Las regiones y los núcleos también están interconectados y forman sistemas. George Striedter,[6] de la Universidad de California, en Irvine, sugirió que los cambios de conectividad relacionados con el tamaño podrían fijar el límite de hasta qué punto puede crecer un cerebro sin ser incoherente, y ésta podría ser la fuerza motriz que hay tras las innovaciones evolutivas que superan este problema. Menos conexiones y más densas fuerzan el cerebro a especializarse, a crear circuitos locales y a automatizar funciones. En general, sin embargo, según el catedrático de antropología biológica y neurociencia Terrence Deacon, de la Universidad de California, en Berkeley, cuanto mayor es el área, mejor conectada está.[24]

Entonces se plantea la siguiente controversia: ¿Ha aumentado la neocorteza de manera proporcional, o algunas partes han aumentado de modo preferente, y en ese caso, cuáles? Empecemos con el lóbulo occipital, que contiene, entre otras cosas, la corteza visual primaria o corteza estriada. En los chimpancés

constituye el 5 % del total de la neocorteza, mientras que en los seres humanos constituye el 2 %, que es menos de lo que cabría esperar. ¿Cómo explicarlo? ¿Menguaron nuestros lóbulos occipitales, o aumentó alguna otra parte de la neocorteza? De hecho, la corteza estriada tiene el tamaño exacto que se podría predecir en un simio de nuestro tamaño. Resulta por lo tanto improbable que haya menguado; más bien se han expandido otras partes de ella.[7] La controversia reside en qué partes son ésas.

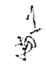
Hasta hace poco, se consideraba que el lóbulo frontal de los seres humanos era proporcionalmente más grande que el de otros primates. Las primeras investigaciones sobre este tema se basaban en estudios realizados en no primates, la mayoría de ellas en monos no primates, y se emplearon una nomenclatura y unas marcas inconsistentes para diferentes partes del cerebro.[25] En 1997, Katerina Semendeferi y sus colegas publicaron un estudio que comparaba, según el volumen, los tamaños de los lóbulos frontales de diez seres humanos vivos con los de quince grandes simios, que ya estaban muertos (seis chimpancés, tres bonobos, dos gorilas y cuatro orangutanes), cuatro gibones y cinco monos (tres resus y dos cebus).[26] Ésta puede parecer una muestra de tamaño pequeño, si bien en el mundo de la neuroanatomía comparada de los primates resulta bastante grande, y de hecho incluye más elementos que todos los estudios previos. Sus datos llevaban a la siguiente conclusión: aunque el volumen absoluto del lóbulo frontal de los seres humanos era el más grande, el tamaño relativo del lóbulo frontal era similar en todos los hominoides. Los autores concluyeron que, por tanto, los seres humanos no tienen un lóbulo frontal mayor de lo esperado en un primate con un cerebro de su tamaño.

¿Por qué es tan importante todo esto? El lóbulo frontal tiene mucho que ver con los aspectos asociados a las funciones superiores de la conducta humana, como el lenguaje y el pensamiento. Si su tamaño relativo no es mayor en los seres humanos que en los otros simios, ¿cómo explicar el añadido de funciones superiores, como el lenguaje? Los investigadores proponían cuatro sugerencias:

1. La región podría haber experimentado una reorganización que incluiría un aumento de ciertas áreas corticales seleccionadas, pero no todas, en detrimento de otras.
2. Los mismos circuitos neurales podrían estar mucho más interconectados, en los sectores frontales mismos y entre estos sectores y otras regiones cerebrales.
3. Ciertos subsectores del lóbulo frontal podrían haber experimentado una modificación local de sus circuitos.

4. La región podría haber ganado o perdido subsectores microscópicos o macroscópicos.[25]

Según Todd Preuss, aunque no se acepte que los lóbulos frontales no se expandieron desproporcionadamente en relación con el resto de la corteza, debe hacerse una distinción entre la corteza frontal y la corteza prefrontal. La corteza prefrontal es la parte anterior del lóbulo frontal. Se distingue del resto de la corteza frontal en que tiene una capa de neuronas adicional* y está implicada en la planificación de conductas cognitivas complejas, la personalidad, la memoria y aspectos del lenguaje y la conducta social. Preuss sugiere que el porcentaje de corteza prefrontal con respecto a la corteza frontal puede haber cambiado. Proporciona datos experimentales que sugieren que la porción de corteza motora en un lóbulo frontal humano es más pequeña que en el chimpancé, y deduce que tuvo lugar una expansión de una parte distinta de la corteza frontal humana, lo que explicaría que no haya pérdida de tamaño del conjunto del lóbulo.[1] De hecho, Semendeferi confirmó que el área 10, en la corteza lateral prefrontal, es casi dos veces mayor en los seres humanos que en los simios.[27] El área 10 está implicada en la memoria y la planificación, la flexibilidad cognitiva, el pensamiento abstracto, la iniciación de conductas apropiadas y la inhibición de conductas inapropiadas, el aprendizaje de reglas y la selección de información pertinente entre la percibida a través de los sentidos. En los próximos capítulos veremos que algunas de estas habilidades están mucho más desarrolladas en los seres humanos, e incluso algunas de ellas son exclusivamente humanas.



Thomas Schoenemann y sus colegas, de la Universidad de Pennsylvania, estaban interesados en la cantidad relativa de sustancia blanca que hay en la corteza prefrontal.[28] La sustancia blanca está situada detrás de la corteza y se compone de fibras nerviosas que conectan la corteza con el resto del sistema nervioso. Los investigadores descubrieron que la sustancia blanca prefrontal es, en proporción, mucho mayor en los seres humanos que en otros primates, y concluyeron que esto sugiere un grado superior de conectividad en esta parte del cerebro.

La conectividad es importante. Supongamos que el lector tuviese que organizar un dispositivo para localizar a un fugitivo del que se sospecha que está viajando en automóvil por el país: ¿Qué es la cosa más importante que haría falta entre todas las instancias policiales implicadas en la búsqueda? La respues-

* Esta capa se denomina «capa granular interna» o «capa IV».

ta es comunicación. No tendría ningún sentido que la policía de Luisiana averiguase que el coche buscado es un Toyota azul y no se lo dijese a nadie, o que un patrullero de carretera viese un automóvil sospechoso en la zona de El Paso circulando en dirección oeste, pero no se lo comunicase a la patrulla de Nuevo México. Como entra una cantidad enorme de información, cuanto mejor sea la comunicación entre los investigadores, más efectiva será la búsqueda.

Esto también vale para la corteza prefrontal. Cuanta más comunicación haya entre sus diferentes partes, no sólo funcionará más deprisa, sino que además será más flexible. Esto significa que cierta información empleada en una tarea puede aplicarse a otra cosa. Cuanto más sabes, más rápido trabaja tu cerebro. Aunque compartimos las estructuras cerebrales con el chimpancé, sacamos más partido de las nuestras, y entre las razones de ello podrían estar las interconexiones de la corteza prefrontal.

La corteza prefrontal también resulta interesante en otro sentido. Los mamíferos no primates tienen dos regiones principales en la corteza prefrontal, y los primates tres. Las regiones originales, que están presentes en otros mamíferos y evolucionaron antes, son la región prefrontal orbital, que responde a los estímulos externos que indican una recompensa futura, y la corteza cingulada anterior, que procesa información sobre el estado interno del cuerpo. Ambas zonas trabajan juntas para contribuir a los aspectos «emocionales» de la toma de decisiones.[29] La nueva región que se añade a estas dos se denomina «corteza prefrontal lateral», y es ahí donde está el área 10.

Esta nueva región es al parecer exclusiva de los primates y tiene que ver principalmente con los aspectos racionales de la toma de decisiones, con nuestros esfuerzos conscientes por llegar a tomar una decisión. Esta región está densamente interconectada con otras regiones que también son mayores en el cerebro humano —la corteza parietal posterior y la corteza temporal— y, fuera de la neocorteza, está conectada con diversos grupos de células en el tálamo dorsal que también han aumentado de manera desproporcionada, el núcleo medial dorsal y el núcleo pulvinar. En opinión de George Striedter, lo que ha aumentado no es un grupo de áreas y núcleos al azar, sino todo un circuito. Sugiere que este circuito es lo que ha hecho a los seres humanos más flexibles y capaces de hallar nuevas soluciones a sus problemas. En este circuito se incluye la capacidad de inhibir las respuestas automáticas, que resulta necesaria si se trata de encontrar nuevas respuestas.[6]

Aparte del lóbulo frontal, en el que se han concentrado la mayoría de las investigaciones, no podemos decir gran cosa de los lóbulos temporales y parietales más allá de que son de algún modo más grandes de lo esperado, y de que están preñados de oportunidades para prometedoras tesis doctorales.

¿Y qué ocurre con el resto del cerebro? ¿Hay alguna otra parte que haya aumentado? Bueno, el cerebelo, que está localizado en la base del cerebro, en la parte posterior, y coordina la actividad muscular. Una parte del cerebelo en particular, el núcleo dentado, es mayor de lo que cabría esperar. Esta área recibe aferencias de la corteza lateral cerebelosa y envía eferencias a la corteza cerebral a través del tálamo. (El tálamo selecciona y envía información sensorial proveniente de otras partes del sistema nervioso.) Esto es interesante porque cada vez hay más indicios de que el cerebelo contribuye a la función cognitiva además de a la motora.

## *La parte funcional del asunto: áreas corticales*

Aparte de estar dividido en partes físicas como son los lóbulos, el cerebro también se divide en unidades funcionales llamadas áreas corticales, igualmente ubicadas en zonas específicas. Resulta interesante saber que fue Franz Joseph Gall, un médico alemán, quien tuvo por primera vez esta idea a principios del siglo XIX. Es conocida como la teoría de la frenología y fue difundida más adelante por otros frenólogos. La buena idea de Gall fue que el cerebro es el órgano de la mente, y que diferentes áreas cerebrales realizan tareas específicas. Sin embargo, esa hipótesis condujo a las ideas erróneas de que se podía interpretar la personalidad y el carácter de una persona a partir del tamaño de sus distintas regiones cerebrales, que la forma del cráneo se corresponde exactamente con la forma del cerebro (no es así), y que podía determinarse el tamaño de esas regiones palpando el cráneo. Los frenólogos pasaban las manos por el cráneo de una persona; algunos incluso usaban soportes ortopédicos para tomar medidas. Se suponía que, gracias a estas observaciones, podían predecir el carácter del individuo en cuestión. La frenología fue muy popular y se usaba, entre otras cosas, para evaluar candidatos a un puesto de trabajo y predecir el carácter de los niños. El problema era que no funcionaba. Sin embargo, la buena idea de Gall sí funciona.

Las regiones corticales tienen neuronas que comparten ciertas propiedades distintivas, como la de responder a ciertos tipos de estímulo, estar implicadas en ciertos tipos de tarea cognitiva o tener la misma neuroanatomía.* Por ejem-

* Las neuronas son especialistas. Presentan una gran variedad de formas, tamaños y propiedades electroquímicas, dependiendo del tipo de procesamiento y de transmisión en que están implicadas.

plo hay áreas corticales separadas que procesan las aferencias sensoriales de los ojos (la corteza visual primaria, situada en el lóbulo occipital) y de los oídos (la corteza auditiva primaria, situada en el lóbulo temporal). Si sufre daños en un área sensorial primaria, la persona deja de tener conciencia de la percepción sensorial. Si el daño afecta a la corteza auditiva, deja de tener conciencia de oír sonidos, pero sigue respondiendo a ellos. Otras áreas corticales, llamadas áreas de asociación, integran varios tipos de información. También hay áreas motoras, que están especializadas en aspectos específicos del movimiento voluntario.

Las áreas corticales del lóbulo frontal están implicadas en el control de los impulsos, la toma de decisiones y su evaluación, el lenguaje, la memoria, la resolución de problemas, la conducta sexual, la socialización y la espontaneidad. El lóbulo frontal es la sede del «ejecutivo» del cerebro, que planifica, controla y coordina la conducta, y también controla los movimientos voluntarios de partes específicas del cuerpo, especialmente las manos.

Lo que ocurre exactamente en las áreas corticales del lóbulo parietal sigue siendo en parte un misterio, pero se sabe que estas áreas están implicadas en la integración de la información sensorial procedente de varias zonas del cuerpo, en el procesamiento visuoespacial y en la manipulación de objetos. La corteza auditiva primaria, en el lóbulo temporal, está involucrada en la audición; hay asimismo otras áreas relacionadas con el procesamiento de alto nivel de la información auditiva. En los seres humanos, las áreas del lóbulo temporal izquierdo están especializadas en el habla, la comprensión del lenguaje, los nombres de las cosas y la memoria verbal. La prosodia, o ritmo del habla, se procesa en el lóbulo temporal derecho. Las áreas de la parte ventral de los lóbulos temporales también realizan tareas de procesamiento específico de caras y escenas y de reconocimiento de objetos. Las partes mediales se ocupan del recuerdo de acontecimientos, experiencias y hechos. Los hipocampos, estructuras evolutivamente muy antiguas, están situados a mucha profundidad en el interior de los lóbulos temporales, y se cree que están implicados en el proceso por el cual la memoria a corto plazo se convierte en la memoria a largo plazo y también en la memoria espacial. El lóbulo occipital, por su parte, está ligado a la visión.

Como podemos hacer tantas cosas que no pueden hacer el resto de simios, seguro que aquí descubriremos algo único, ¿verdad? Los primates tienen más áreas corticales que otros mamíferos. Se ha descubierto que cuentan con un mínimo de nueve áreas premotoras, las partes de la corteza que planifican, seleccionan y ejecutan acciones motoras, mientras que los no primates tienen sólo de dos a cuatro.[6] Resulta tentador pensar que, si los seres humanos lleva-

mos a cabo funciones superiores, deberíamos tener más áreas corticales que otros primates. De hecho, algunos datos experimentales muy recientes indican que existen áreas exclusivas en la corteza visual del cerebro humano. David Heeger, de la Universidad de Nueva York, acaba de descubrir estas áreas nuevas, que no se han hallado en otros primates.* Sin embargo, en general no se han observado áreas corticales adicionales en los seres humanos.

¿Cómo es posible que no tengamos más áreas corticales? ¿Qué ocurre con el lenguaje y el pensamiento? ¿Y lo de, pongamos, componer conciertos, pintar la Capilla Sixtina o la Fórmula 1, por Dios? Si los chimpancés tienen las mismas áreas corticales que nosotros, ¿por qué no hacen las mismas cosas? ¿No debería ser distinta por lo menos nuestra área del lenguaje? La respuesta puede estar en cómo están estructuradas esas áreas. Tal vez la diferencia radica en el cableado.

Por lo que parece, a medida que nuestra búsqueda se va complicando más y más, también se va poniendo más interesante. No sólo no hay datos que demuestren que los seres humanos tenemos más áreas corticales en general que los simios, sino que por otro lado cada vez hay más pruebas de que los simios poseen áreas corticales equivalentes para funciones específicamente humanas. Resulta que otros primates, no sólo los grandes simios, también tienen áreas corticales que se corresponden con nuestras áreas de lenguaje y uso de herramientas,[30] y estas áreas están igualmente lateralizadas, es decir, se encuentran principalmente en un hemisferio más que en el otro, como ocurre en los seres humanos.[31, 32]

Lo que se ha revelado único en el cerebro humano está en un área llamada «planum temporale», que poseen todos los primates. Es un componente del área de Wernicke, el área cortical asociada al procesamiento de las aferencias relacionadas con el lenguaje, por ejemplo, con la comprensión del lenguaje, tanto escrito como oral.** El planum temporale es más grande en el lado izquierdo que en el derecho en los seres humanos, chimpancés y monos resus, pero, a nivel microscópico, en el hemisferio izquierdo humano es excepcional.[33] La diferencia específica es que, en el cerebro humano, las minicolumnas corticales del planum temporale son mayores, y el área entre columnas es más ancha en el lado cerebral izquierdo que en el derecho, mientras que en los

* Comunicación personal.

** La otra área cortical implicada en el lenguaje es el área de Broca, cuya función no está totalmente definida, pero tiene que ver con el procesamiento de la información lingüística saliente. Estas dos áreas están conectadas por una vía neural llamada «fascículo arqueado».

chimpancés y los monos resus las columnas y los espacios intercolumnares son del mismo tamaño en ambos lados.

Entonces, ¿qué tenemos por ahora? Nuestro cerebro es más grande de lo que cabría esperar para un simio, tenemos una neocorteza tres veces mayor de lo que correspondería a nuestro tamaño corporal, algunas áreas de la neocorteza y el cerebelo humanos son más grandes de lo esperado, tenemos más sustancia blanca, lo que probablemente significa que contamos con más conexiones, y ahora sabemos que también hay ciertas diferencias microscópicas en nuestras minicolumnas corticales, al margen de lo que sean.

## *El cerebro bajo el microscopio*

Cada vez que hay un aumento de tamaño, parece que está implicado un aumento en la conectividad. En cualquier caso, ¿qué son las conexiones? ¿Qué son estas columnas? Para responder a esto, recurriremos al microscopio. Recordemos que la corteza cerebral tiene seis capas. Estas capas pueden verse como seis láminas de neuronas (células conductoras de impulsos) apiladas una encima de la otra. Estas láminas no están dispuestas al azar, sino que las neuronas individuales de cada una están alineadas con las de las láminas superiores e inferiores formando columnas (también llamadas microcolumnas o minicolumnas) de células que atraviesan las láminas perpendicularmente.[33,34,35,36,37] Podría parecer como si al final esto se asemejara a un muro de ladrillos, si bien estos ladrillos no son rectangulares: son neuronas conocidas como «células piramidales» a causa de su forma. En realidad se parecen a unos caramelos envueltos, con cintas de papel (dendritas) que salen de ellos en todas direcciones. Las neuronas que forman estas columnas no están meramente amontonadas unas sobre otras, sino que forman un circuito elemental y parecen funcionar de forma unitaria. Existe un amplio consenso respecto a que las columnas neuronales son la unidad de procesamiento fundamental en la corteza cerebral,[37,38] y que el ensamblaje de múltiples columnas da lugar a complejos circuitos en la corteza.[39,40]

La corteza está organizada en columnas en todos los mamíferos. Junto con el tamaño de la corteza cerebral, el número asociado de columnas en ella ha sido, históricamente, un elemento importante de los estudios evolutivos que trataban de explicar las diferencias entre especies. Los estudios realizados a finales del siglo XX permitieron descubrir que el número de células columnares variaba muchísimo entre las diferentes especies de mamíferos. Otros estudios han revelado que las sustancias neuroquímicas que se encuentran en una co-

lumna también pueden variar, no sólo de una especie a otra, sino también entre las diferentes áreas corticales del cerebro de cada especie.[41,42,43,44,45,46]

Los patrones de conectividad de las columnas también varían. Bien, entonces tenemos esas seis distintas capas, que reciben y envían proyecciones desde y hacia conjuntos específicos de objetivos. Las capas corticales más profundas, las que están por debajo de la capa granular (capa IV), numeradas V y VI, son las primeras en madurar durante el desarrollo (en la gestación), y sus neuronas se proyectan principalmente a objetivos fuera de la corteza. Las capas más superficiales, las situadas por encima de la granular (numeradas II y III), son las últimas en hacerlo,[46] se proyectan principalmente a otras partes de la corteza,[47,48,49] y son más gruesas en los primates que en otras especies.[50] Varios científicos han sugerido que las capas supragranulares, y la red de conexiones entre áreas corticales que forman, participan intensamente en las funciones cognitivas superiores. Esta participación consiste en vincular áreas motoras, sensoriales y de asociación. Estas áreas reciben aferencias de sistemas sensoriales de alto nivel, las interpretan a la luz de experiencias pasadas semejantes, e intervienen en el razonamiento, el juicio, las emociones, la verbalización de ideas y el almacenamiento de recuerdos.[50,51] También se ha sugerido que el grosor diferencial de estas capas supondría un grado desigual de conectividad,[49,52] que podría desempeñar un papel en las diferencias cognitivas y conductuales entre varias especies.[43] Por ejemplo: el grosor relativo medio de la capa supragranular en un roedor es del 19 %, mientras que en un primate es del 46 %.[53]

Por decirlo de otro modo: imaginemos que tomamos esos caramelos con cintas saliendo de ellos y los apilamos uno encima del otro, obteniendo una minicolumna. A continuación reunimos varias de esas pilas de caramelos en un haz: estos haces son las columnas corticales. Ahora tomamos miles de estos haces de caramelos y los empaquetamos juntos. El espacio que van a ocupar y cómo estarán dispuestos dependerá del grosor de cada pila, de la densidad de las cintas alrededor de ella, del número de pilas individuales de caramelos que hay en cada haz, de la fuerza con que apretamos el paquete (esto también dependerá de cómo encajen entre sí los caramelos), del número de haces y de su altura. Hay gran cantidad de variables, y todas son importantes y supuestamente contribuyen, en última instancia, a nuestras capacidades cognitivas y conductuales. ¿Qué es lo que determina cuántos caramelos tenemos?

La expansión horizontal de la lámina cortical (el trapo de cocina) y las alteraciones de la estructura básica de columnas corticales se determinan probablemente en los primeros estadios del desarrollo fetal, mediante la alteración del número y el ritmo de las divisiones celulares que generan las neuronas corticales. La neurogénesis cortical puede dividirse en un periodo temprano y un pe-

riodo tardío. La duración y el número de ciclos celulares del periodo temprano de división celular determinará el número definitivo de columnas corticales que tendrá una determinada especie.[54] La duración y el número de ciclos celulares del periodo tardío podría determinar el número de neuronas individuales que incluirá cada columna cortical. Un número más elevado de divisiones tempranas se traducirá en una lámina cortical mayor (un trapo de cocina más grande), y un número más elevado de divisiones tardías dará como resultado un número mayor de neuronas en cada columna individual. El tiempo transcurrido en la generación de neuronas en una determinada especie está correlacionado, en gran medida, con el grosor de las capas supragranulares;[55] así, es posible que cambios en la duración absoluta del proceso de neurogénesis y en el número de ciclos celulares que tienen lugar durante ese proceso establezcan el patrón de las láminas neuronales en una especie, y el tamaño de las capas supragranulares. Los cambios de ritmo durante la producción de las neuronas podrían producir cambios espectaculares en la estructura cortical.[56, 57, 58, 59] ¿Y qué es lo que controla ese ritmo? El ADN. Esto nos llevará a internarnos en el mundo de la genética, pero vamos a esperar un poco antes de entrar ahí.

## *Las áreas de especialización*

Ahora que sabemos lo que son las minicolumnas, vamos a ver cómo esa asimetría de las columnas descubierta en el planum temporale (el lector casi se había olvidado de ella, ¿verdad?) se relaciona con las funciones mentales y si realmente tiene algo que ver con que los seres humanos seamos únicos. El centro del habla está situado en la corteza auditiva del hemisferio izquierdo. El oído recibe los estímulos acústicos, los convierte en impulsos eléctricos y los envía a la corteza auditiva primaria de ambos hemisferios. La corteza auditiva se compone de varias partes, cada una de ellas con una estructura y funciones distintas. Por ejemplo, ciertas neuronas de la corteza auditiva son sensibles a varias frecuencias de sonido, y otras en cambio a su intensidad. No se conoce del todo el número, ubicación y organización de estas partes en la corteza auditiva humana. En lo que respecta al habla, cada hemisferio se ocupa de aspectos diferentes. El área de Wernicke, en el hemisferio izquierdo, reconoce partes distintivas del habla, y un área en la corteza auditiva derecha reconoce los aspectos prosódicos, la estructura métrica del habla, de la que hablaremos en capítulos posteriores, y envía esta información al área de Wernicke.

Ahora entraremos en el terreno de la especulación. Sabemos con seguridad que el planum temporale humano (un componente del área de Wernicke) es

mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho, y la arquitectura microscópica es diferente en el lado izquierdo en comparación con el derecho. Las minicolumnas son más anchas, y los espacios entre ellas son más grandes, y esta diferencia entre la arquitectura de ambos lados del cerebro es exclusiva de los seres humanos. Además de un mayor espacio entre las minicolumnas, también existe un aumento en la extensión de las dendritas de las células piramidales (las cintas que salen de los caramelos), pero este aumento no es proporcional al aumento en el espacio entre las columnas. Todo esto desemboca en un número menor de minicolumnas interconectadas con respecto al hemisferio derecho, y se ha propuesto que podría indicar que en esta área del hemisferio izquierdo hay un patrón de arquitectura de procesamiento local más elaborado y menos redundante. También puede significar que en este espacio hay un constituyente adicional.[1] Este escenario es diferente en el resto de las regiones auditivas, donde el aumento de espacio se compensa con la expansión de las dendritas de las células piramidales (es decir, las cintas que salen de los caramelos se hacen más largas y llenan el mayor espacio que hay entre las pilas de caramelos).

La región lingüística posterior también difiere entre los dos hemisferios en el nivel de las macrocolumnas. Los dos hemisferios tienen áreas del mismo tamaño con interconexiones difusas, pero la distancia entre esas interconexiones es mayor en el hemisferio izquierdo, lo cual indica que hay más macrocolumnas interconectadas en el izquierdo. Se han hecho conjeturas sobre si este patrón difuso de interconexiones es similar al de la corteza visual, en la que también se encuentran agrupaciones de macrocolumnas interconectadas que procesan tipos similares de información. Por lo tanto, tal vez la presencia de una mayor conectividad en el sistema auditivo posterior también dé lugar, de modo parecido, a agrupaciones funcionales que pueden analizar la información entrante con más detalle.[1]

Por el momento, debido a limitaciones técnicas en el estudio de las conexiones a larga distancia en el cerebro humano, no existe ninguna prueba directa de asimetría hemisférica en las conexiones entre regiones, si bien hay algunas pruebas indirectas. El aumento de la distancia entre las minicolumnas podría deberse parcialmente a diferencias en las conexiones entrantes y salientes, tanto en el número como en el tamaño. Existen diferencias de forma consistentes entre ambos hemisferios, y se sabe que hay neuronas de largo y corto alcance que contribuyen a la forma de las convoluciones cerebrales.

Y una última cosa: hay un número también mayor de células piramidales extra-grandes en la capa supragranular del lado izquierdo de las áreas de lenguaje anterior y posterior, al igual que en las zonas auditivas primaria y secundaria. Muchos investigadores han sugerido que ello indica asimetrías en la conectivi-

dad y que estas asimetrías pueden desempeñar un papel en el procesamiento temporal, lo cual es muy significativo.

Todos sabemos que el tiempo es importante. Basta con preguntárselo a Steve Martin o a Rita Rudner.* El hemisferio izquierdo es más eficaz a la hora de procesar información temporal. Debido a la importancia del tiempo en la comprensión del lenguaje, el cerebro humano podría requerir conexiones especializadas para procesarlo. Incluso se ha sugerido que la fuerza motriz subyacente a la especialización lateral del lenguaje han sido los costes de un retraso temporal en la transmisión de información entre hemisferios.[60]

## *Especialización lateral y conectividad*

El cerebro humano es en verdad un extraño mecanismo, diseñado por la selección natural con un propósito principal: tomar decisiones que favorezcan el éxito reproductor. Este simple hecho tiene muchas consecuencias y yace en el corazón de la biología evolutiva. Una vez comprendido, ayuda al neurocientífico a entender un fenómeno fundamental del funcionamiento del cerebro humano: la especialización generalizada de sus hemisferios laterales. En ninguna otra parte del reino animal existe una especialización en funciones tan extendida. ¿Por qué y cómo se generó semejante especialización?

O, como lo expresó Kevin Johnson, un amigo de mi hermana: «De modo que el cerebro está compuesto de dos mitades que precisan interaccionar para crear una mente funcional. Ahora bien, bajo el supuesto de que tanto el cerebro como la mente son el resultado de fuerzas evolutivas, ¿cuál es la ventaja adaptativa de un cerebro bilateral? ¿Qué fuerza evolutiva podría convertir en adaptativa una organización tan disparatada?». Lo que emerge de mis propias investigaciones sobre el cerebro dividido es una posible aclaración de estas cuestiones.

## Una organización disparatada

Puede que el tan a menudo ignorado cuerpo calloso, el tracto de fibras supuestamente limitado al intercambio de información entre ambos hemisferios, fue-

* Famosos cómicos, actores y escritores de comedia estadounidense, caracterizados por su ingenio para contar chistes y crear guiones y situaciones hilarantes. *(N. del t.)*

se el gran hacedor que permitió el establecimiento de la condición humana. En contraste, los cerebros del resto de los mamíferos muestran escasas pruebas de especialización lateral excepto, por ejemplo, en las singulares observaciones realizadas por mis colegas Charles Hamilton y Betty Vermeire, cuando investigaban la capacidad de los macacos de percibir caras.[61] En este estudio, Hamilton y Vermeire descubrieron una superioridad del hemisferio derecho en la detección de caras de otros monos. La especialización lateral está presente en las aves, y aún está siendo investigada la cuestión de si es una solución compartida a lo largo del árbol filogenético, o bien se desarrolló de modo independiente. Pero ya hablaremos más adelante del cerebro de las aves.

Con la creciente demanda de espacio cortical, quizá las fuerzas de la selección natural empezaron a modificar un hemisferio pero no el otro. Dado que el cuerpo calloso intercambia información entre ambos hemisferios, acaso tuvieron lugar mutaciones en un área cortical de un lado mientras la otra permanecía libre de mutaciones, y el sistema cognitivo en su totalidad continuaba teniendo asegurada la función cortical del área homóloga. A medida que se fueron desarrollando estas nuevas funciones, es probable que se requiriese los servicios de regiones corticales hasta entonces dedicadas a otras funciones. Dado que estas otras funciones seguirían siendo realizadas por el otro hemisferio, no se perderían para el sistema en general. En resumen, el cuerpo calloso permitió una expansión sin coste; la capacidad cortical podía crecer mediante una reducción de la superfluidad y una ampliación de su espacio a nuevas zonas corticales.

Esta propuesta se apoya en hallazgos en neurociencia cognitiva, que apuntan claramente a la idea de que las conexiones locales y cortas son fundamentales para el mantenimiento y el funcionamiento adecuados de los circuitos neurales.[62, 63] Los sistemas de fibras largos son pertinentes, casi seguro para comunicar los resultados de un cómputo, pero las fibras cortas son cruciales para producir el cómputo en cuestión. ¿Significa esto que, a medida que aumentan las necesidades computacionales de especialización, hay una presión para mantener las mutaciones que alteran los circuitos cercanos a una sede de actividad naciente?

Uno de los hechos principales derivados de la investigación sobre el cerebro dividido es que el hemisferio izquierdo tiene marcadas limitaciones en funciones perceptivas y el hemisferio derecho tiene limitaciones aún más importantes en sus funciones cognitivas. El modelo sostiene, por tanto, que la especialización lateral refleja la emergencia de capacidades nuevas y el mantenimiento de otras. La selección natural permitió este singular estado de cosas porque el cuerpo calloso integró estos desarrollos en un sistema funcional cada vez más eficiente como mecanismo de toma de decisiones.

Otro aspecto de esta propuesta puede apreciarse al considerar los posibles costes del hemisferio derecho. Actualmente se supone que el niño pequeño y el mono resus tienen capacidades cognitivas similares.[64] Se ha demostrado que tanto el mono como el niño de 12 meses pueden manifestar muchas capacidades mentales simples, como tareas de clasificación. Sin embargo, muchas de estas capacidades no son posibles para el hemisferio derecho de un paciente con el cerebro dividido.[65] Es como si el sistema perceptivo y de atención del hemisferio derecho hubiese subcontratado estas capacidades, al igual que el emergente sistema lingüístico del hemisferio izquierdo ha subcontratado su capacidad perceptiva.

A medida que los lados del cerebro se especializan más, puede preverse un aumento en el sistema de circuitos intrahemisférico local y una reducción del sistema de circuitos interhemisférico. Con sus circuitos locales cada vez más especializados y optimizados para la realización de funciones particulares, el cerebro, antaño bilateral, ya no necesita mantener sistemas de procesamiento idénticos para todos los aspectos del procesamiento de información. La comunicación que tiene lugar entre los dos hemisferios puede reducirse, puesto que sólo es necesario comunicar a la mitad opuesta del cerebro el producto de los centros de procesamiento. Investigadores del Yerkes Primate Center de la Universidad de Emory han informado de una expansión diferencial de la sustancia blanca cerebral con respecto al cuerpo calloso de los primates.[66] Los seres humanos muestran una apreciable reducción en la tasa de crecimiento del cuerpo calloso en comparación con la sustancia blanca intrahemisférica.

El descubrimiento de neuronas espejo por parte de Giacomo Rizzolatti, de quien hablaremos más adelante, también puede ayudar a comprender cómo han emergido nuevas capacidades, exclusivamente humanas, a lo largo de la evolución cortical. Las neuronas del lóbulo prefrontal del mono no sólo responden cuando el animal va a coger un trozo de comida, sino también cuando el experimentador humano está a punto de coger este mismo trozo.[67] Al parecer, en el cerebro del mono existen circuitos que le permiten representarse las acciones de otros. Los estudios del sistema de neuronas espejo en seres humanos revelan que está mucho más extendido y realiza muchas más funciones que en los monos. Rizzolatti[68] sugiere que el estudio de este sistema podría ser el germen de una teoría modular de la mente exclusivamente humana.[69]

Es ésta la base, en la que cuentan tanto el tiempo del desarrollo madurativo como el tiempo evolutivo, sobre la que un sistema cortical dinámico establecerá las adaptaciones que desembocarán en sistemas lateralmente especializados. El cerebro humano está en el camino que le llevará a convertirse en un sistema neural único.

### *Dimensiones genéticas y moleculares*

Casi hemos finalizado nuestro recorrido por el cerebro, pero les recuerdo que todavía tenemos que ir a un nivel más pequeño: el de las moléculas. Estamos listos para visitar el país de la genética, un lugar que está de moda. En realidad, todo lo que hemos estado explicando hasta ahora es así porque el ADN de esa especie lo ha codificado de ese modo. En última instancia, la excepcionalidad del cerebro humano se debe a nuestra excepcional secuencia de ADN. El éxito en la secuenciación de los genomas humano y del chimpancé y el florecimiento del nuevo campo de la genética comparativa nos están proporcionando atisbos tentativos de las bases genéticas de las diferencias en especializaciones fenotípicas, es decir, de rasgos físicos o bioquímicos observables. Antes de que el lector se ponga demasiado soberbio y piense que tenemos casi todas las respuestas, quiero compartir con él esta cita: «Los cambios genómicos tras la especiación y sus consecuencias biológicas están siendo más complejos de lo que predecían nuestras hipótesis originales».[70] ¿No lo sabía? Vamos a fijarnos en un gen específico y observar lo complejo que puede ser un cambio en apariencia simple.

### Repaso de genética

Pero antes necesitamos saber un poco más acerca de qué es un gen y qué es lo que hace. Un gen es una región de ADN que ocupa un lugar específico en un cromosoma.* Cada gen está constituido por una secuencia codificante de ADN que controla cuándo y cómo se fabrica la proteína. Los genes gobiernan tanto la estructura como la función metabólica de las células. Cuando están situados en células reproductoras, transmiten su información a la siguiente generación. Cada cromosoma de cada especie tiene un número y una disposición de genes determinados. Cualquier alteración del número o disposición de

* Como se ha mencionado antes, un cromosoma es una estructura microscópica filiforme que se encuentra en el núcleo de todas las células y es portadora de las características hereditarias. Consiste en un complejo de proteínas y ADN (ácido nucleico que contiene las instrucciones genéticas para el desarrollo de todas las células). Cada especie tiene un número determinado de cromosomas; un ser humano tiene cuarenta y seis, dispuestos en veintitrés pares. Las células reproductoras (gametos), sin embargo, poseen sólo veintitrés. Por consiguiente, cuando se produce la fusión de los gametos masculino y femenino, el óvulo fertilizado (cigoto) presenta un juego de cromosomas de cada progenitor.

los genes se traduce en una mutación del cromosoma, pero no afecta necesariamente al organismo. Curiosamente, es muy poco el ADN que en verdad codifica proteínas. Esparcidas a lo largo de los cromosomas hay secuencias mayores (alrededor del 98 % del total) de ADN no codificante, cuya función no se conoce. Ahora ya podemos continuar.

## El gen del lenguaje

Al igual que la historia de los genes MCPH1 y ASPM, ésta también empieza en una clínica en Inglaterra. Los médicos del centro estaban tratando una familia singular (conocida como familia KE), muchos de cuyos miembros sufrían un grave trastorno del habla y el lenguaje. Presentaban muchas dificultades para controlar los movimientos complejos y coordinados de la cara y la boca. Esto les impedía hablar con fluidez, y les causaba diversos problemas en el lenguaje hablado y escrito, incluyendo una dificultad para entender frases con estructura sintáctica compleja, defectos en el procesamiento de palabras según reglas gramaticales, y un coeficiente intelectual (CI) más bajo en promedio que el de los miembros no afectados de la familia.[71] La familia fue derivada al centro de genética humana Wellcome Trust en Oxford, donde los investigadores descubrieron, estudiando su árbol genético, que el trastorno se transmitía por herencia simple. A diferencia de otras familias con dificultades en el habla y el lenguaje, cuya herencia era mucho más complicada, resultó que en la familia KE el trastorno era un defecto en un único gen autosómico dominante.[72] Eso significa que una persona con la mutación tiene un 50 % de posibilidades de transmitirlo a su descendencia.

Los investigadores fueron a la caza del gen. Consiguieron estrechar el cerco a una región del cromosoma 7 que contiene entre 50 y 100 genes. Entonces, a pesar de la ley de Murphy, tuvieron un golpe de suerte. Les fue derivado el caso de un paciente (CS) sin relación alguna con la familia, con problemas de habla y lenguaje semejantes. CS presentaba una anomalía cromosómica llamada traslocación. Dos grandes segmentos, situados en los extremos de sendos cromosomas, se habían desprendido e intercambiado posiciones. Uno de los cromosomas era el cromosoma 7, y el punto de ruptura estaba en la región cromosómica implicada en los problemas de la familia KE. Se analizó el gen correspondiente a la misma localización en el cromosoma 7 de la familia KE, y se descubrió que tenía una sola mutación en un par de bases: la base adenina sustituía a la guanina, mutación que no se encontró en 364 sujetos control normales.[73] El resultado predecible de esta mutación es un cambio en la pro-

teína FOXP2, la codificada por el gen, que provoca un cambio de aminoácido, la sustitución de arginina por histidina, en el dominio de unión al ADN de la proteína llamado «de cabeza de tenedor». La causa del problema era la mutación de este gen, también denominado FOXP2.

¿Por qué? ¿Cómo es posible que un pequeño cambio cause tanto daño? Sugiero al lector que inspire profundamente y que a continuación saque el aire muy despacio. Muy bien, ahora está preparado. Hay muchos genes FOX diferentes; se trata de una gran familia de genes que codifican proteínas con lo que se conoce por un dominio de cabeza de tenedor (FOX, siglas de *forkhead-box*, cabeza de tenedor en inglés). La cabeza de tenedor es una ristra de ochenta a cien aminoácidos que forman una figura específica unida a un área específica de ADN, como una llave que encaja en su cerradura. Una vez emparejadas, las proteínas FOX regulan la expresión de determinados genes. La sustitución del aminoácido histidina cambia la forma de la proteína FOXP2, de modo que ya no puede unirse al ADN: la llave ya no encaja en la cerradura.

Las proteínas FOX son un tipo de factor de transcripción. ¡Oh, no!, ¿qué es eso? Recordemos que un gen tiene una región codificante y una región regulativa. La región codificante es la receta para la construcción de la proteína. Para que la proteína se pueda construir, la receta de la secuencia de ADN tiene que copiarse primero en copias intermediarias de ARN mensajero (ARN-m), las plantillas para la producción proteica, mediante un proceso minuciosamente controlado llamado «transcripción». La región regulativa determina el número de copias de ARN-m, y por tanto la cantidad de proteína producida. Un factor de transcripción es una proteína que se une a la región regulativa de otros genes (nótese el plural: puede afectar a miles de genes, no sólo a uno) y modula sus niveles de transcripción. Los factores de transcripción con dominio de unión de cabeza de tenedor son específicos de determinadas secuencias de ADN, así que no se unen indiscriminadamente. La elección de objetivos puede variar dependiendo de la forma de la cabeza de tenedor y del entorno celular, y puede aumentar o reducir la transcripción. La ausencia de un factor de transcripción puede afectar a un número desconocido y potencialmente elevado de otros genes. Podemos imaginar un factor de transcripción como un interruptor que enciende o apaga la expresión génica de un número determinado de genes. Podrían ser sólo unos cuantos, o podrían ser 2.500. Si la proteína de cabeza de tenedor no puede unirse a la región regulativa de una cadena de ADN, no funcionará el interruptor para producir aquello para lo que la región codifica. Muchas proteínas de cabeza de tenedor son reguladores cruciales del desarrollo embrionario que convierte a células indiferenciadas en tejidos y órganos especializados.

Volviendo a la proteína FOXP2, se sabe que este factor de transcripción afecta a los tejidos del cerebro, los pulmones, el intestino y el corazón,[74] amén de otras partes del cuerpo adulto. En la familia KE, la mutación en el gen afectó sólo al cerebro. Recordemos que hay dos copias de cada cromosoma, y los miembros afectados de esta familia tenían un cromosoma normal y otro mutante. Se da por supuesto que, en estadios específicos de la neurogénesis, una reducción de la cantidad de proteína FOXP2 causa anomalías en las estructuras neurales importantes para el lenguaje y el habla, pero que la cantidad de proteína FOXP2 producida por el cromosoma normal es suficiente para el desarrollo de otros tejidos.[73]

Si el gen FOXP2 es tan importante en el desarrollo del lenguaje, ¿es entonces exclusivo de los seres humanos? Esta cuestión es compleja, y su complejidad tiene que ver con la enorme diferencia que existe entre hablar de los genes (genética) y hablar de la expresión de los genes (genómica). El gen FOXP2 está presente en un amplio espectro de mamíferos. Si comparamos el ratón y el hombre, la proteína codificada por el gen FOXP2 difiere en sólo tres aminoácidos. Se ha descubierto que dos de estas diferencias tuvieron lugar tras la divergencia entre los linajes humano y del chimpancé.[75] Los seres humanos sí tienen por tanto una versión única del gen FOXP2, que produce proteínas FOXP2 únicas. Las dos mutaciones en el gen humano cambiaron las propiedades de unión de la proteína,[76] y esto pudo haber tenido un efecto muy importante en la expresión de otros genes. Según ciertas estimaciones, estas dos mutaciones habrían tenido lugar durante los últimos doscientos mil años y habrían sido objeto de una evolución y selección positiva aceleradas;[75] con independencia de lo que hagan, proporcionan una ventaja competitiva. Es significativo que éste sea el mismo marco temporal estimado para la aparición del lenguaje hablado en los seres humanos.

¿Ya está? ¿Es éste el gen que codifica el habla y el lenguaje? Bien, permítaseme invocar otro estudio comparativo que identificó noventa y un genes que se expresan diferencialmente en la corteza humana en comparación con la de los chimpancés, el 90 % de los cuales están sobrerregulados, lo que significa que, en los seres humanos, sus niveles de expresión se incrementan.[77] Estos genes tienen funciones distintas: algunos son necesarios para el desarrollo normal del sistema nervioso, otros están relacionados con incrementos de la conectividad y actividad neuronales, otros procuran incrementos en el transporte de energía, y otros tienen funciones desconocidas. Lo más probable es que el gen FOXP2 sea uno de los muchos cambios en el camino hacia la función del lenguaje, pero esto plantea más preguntas: ¿Qué hace este gen? ¿A qué otros genes afecta? La diferencia en dos mutaciones entre seres humanos y

chimpancés, ¿fue realmente la causa de profundos cambios en el sistema de circuitos o en la función muscular? Y en tal caso, ¿cómo fue?

La historia no acaba aquí. Pasko Rakic, quizás el neuroanatomista más grande del mundo, acaba de describir otras características nuevas del desarrollo del cerebro humano. En el verano de 2006, Rakic y sus colegas describieron nuevas «células predecesoras» que aparecen antes que otras, y subyacen a la neurogénesis local.[78] Por el momento no hay pruebas que indiquen la existencia de semejantes células en otros animales.

## Conclusión

Las fuerzas sociales y científicas que, históricamente y en la actualidad, han defendido la noción de que la única diferencia entre el cerebro de un simio y el nuestro es de tamaño, es decir, de número de neuronas, han sido abrumadoramente superiores. Y, sin embargo, una mirada desapasionada a los datos que tenemos delante muestra claramente que el cerebro humano tiene muchas características únicas. De hecho, la bibliografía científica está llena de ejemplos que van desde el nivel de la anatomía corporal al de la anatomía celular y la estructura molecular. En resumen, empezamos con paso firme la elaboración de nuestra defensa del carácter único del cerebro humano. Si nuestro cerebro es diferente en sus detalles, ¿por qué no va a serlo también nuestra mente?

Capítulo 2

# ¿SERÍA DIVERTIDO SALIR CON UN CHIMPANCÉ?

*Un cerebro no sirve de mucho si no se tiene lengua*

Proverbio francés

No existe ser humano en la Tierra que no mire a su perro o gato —o sus viejos zapatos, pongamos por caso— con una reverencia y un aprecio irracionales. Casi a diario conferimos humanidad a objetos y seres no humanos, y llegamos a creer que sus cualidades humanas son reales y duraderas. Les otorgamos una especie de agentividad. «No te imaginas lo listo que es mi perro», oímos decir a alguien. O «mi gato puede leer el pensamiento», o «mi vieja camioneta jamás se atasca en la nieve. Ella conoce muy bien el camino». La lista sería interminable.

Nuestra especie siempre ha tenido dificultades para trazar la línea entre nosotros y ellos. En la Edad Media, solíamos llevar a los animales a juicio. Aunque parezca increíble, presentábamos a animales ante un jurado y les hacíamos responsables de sus actos. Entre los años 824 y 1845, en Europa, los animales no salían bien librados cuando violaban las leyes de los hombres, o a veces cuando meramente les incomodaban. Al igual que los criminales comunes, también podían ser detenidos y encarcelados (los criminales animales y humanos eran encerrados en la misma prisión), acusados de cometer fechorías por las que eran juzgados. La justicia les asignaba un abogado, que les representaba y les defendía en el juicio. Algunos abogados se hicieron famosos por sus defensas de animales. Si el animal acusado era declarado culpable, se le castigaba. El castigo solía ser de naturaleza retributiva, de modo que se le hacía al animal lo que él había hecho, fuera lo que fuere.

En el caso de un cerdo en particular (en aquella época los cerdos correteaban libremente por los pueblos y eran bastante agresivos), que había atacado a un niño pequeño mordiéndole en la cara y arrancándole los brazos, el castigo consistió en mutilar la cara del cerdo, cortarle las patas delanteras y luego ahorcarle. Los animales eran castigados cuando habían causado daño. Sin embargo, si se trataba de un animal valioso, como un buey o un caballo, a veces la senten-

cia era indulgente o se le entregaba a la Iglesia. Si el animal resultaba culpable de sodomía, tanto él como el sodomita eran ejecutados. Si un animal doméstico había causado daños y era declarado culpable, sus dueños eran multados por no controlarlo como es debido. Parece que había una cierta ambivalencia con respecto a si un animal era totalmente responsable de sus actos o si también su dueño debía ser considerado responsable. Si los animales eran equiparados a los seres humanos en los procedimientos judiciales, se consideraba indecoroso comer los cuerpos a los que se había aplicado la pena capital (excepto entre los ahorrativos flamencos, a quienes gustaba disfrutar de un buen bistec tras hacer ahorcar a una vaca). También se podía torturar a los animales para obtener confesiones. Si no confesaban —y nadie esperaba que lo hiciesen—, la sentencia podía ser más benevolente. En realidad, lo importante era observar las leyes con rigor: si los seres humanos eran torturados y no confesaban, su sentencia podía cambiar también. Tuvieron que pasar por los tribunales muchos tipos de animales domésticos: caballos por tirar a sus jinetes, o por causar choques de carros, perros por morder, toros por embestir y herir o cornear a alguien y, lo más frecuente, cerdos. Estos juicios se celebraban en tribunales civiles.[1]

Resulta fácil entender por qué los humanos hemos tenido dificultades con nuestras concepciones sobre los animales. Como he mencionado, una característica del cerebro humano, que es a la vez omnipresente y casi definitoria, es cuán reflexivamente construimos modelos en nuestra mente acerca de las intenciones, sentimientos y finalidades de otros, incluyendo animales y objetos. No podemos evitarlo. Al visitar el laboratorio de inteligencia artificial de Rodney Brook en el MIT,* y ver a su famoso robot, *Cog*, en sólo cuestión de segundos uno empieza a conferir algún tipo de agentividad a ese montón de metal y cables. *Cog* gira la cabeza, nos sigue a través de la habitación con sus ojos y se convierte en algo, en alguien. Y si esto nos pasa con *Cog*, también nos pasará con *Rover*.

Los veterinarios pueden atestiguar que, tras la pérdida de una mascota, la gente atraviesa por las mismas fases de duelo que tras la pérdida de un ser humano. Los que se quedan en este mundo tienen un modelo mental del fallecido, y deben pasar por un proceso hasta dejarle descansar en paz. A lo largo de mi carrera he llevado a cabo una intensa investigación con primates. Uno se identifica enseguida con cada animal, se fija en su personalidad, su inteligencia

* Siglas de Massachusetts Institute of Technology. Universidad privada con sede en Cambridge, Estados Unidos, muy famosa por su docencia e investigación científica y tecnológica. *(N. del t.)*

y su carácter cooperativo. Las investigaciones a menudo requieren la realización de importantes procedimientos neuroquirúrgicos, y en algunas ocasiones ha sido necesario invertir grandes esfuerzos en el tratamiento postoperatorio. Cada uno de estos procedimientos me ha resultado doloroso y difícil. Cuando el animal sobrevive y consigue recuperarse tras la operación, el vínculo con él se vuelve muy estrecho.

Recuerdo uno de estos animales que me cautivó desde el principio, hace unos cuarenta años. Ella necesitaba tomar ciertas vitaminas, pero detestaba el sabor de la mezcla. Así que utilicé una de las exquisiteces predilectas de un mono: un plátano. Inyecté la mezcla de vitaminas en un extremo del plátano, con la esperanza de que saltaría sobre él y así se tomaría sus vitaminas. Funcionó una vez. El segundo día, seguí el mismo plan y la misma preparación. Sin embargo, esta vez *Mozambique* cogió el plátano, observó ambos extremos, se fijó en el que rezumaba la mezcla de vitaminas, lo rompió por la mitad, tiró la parte viscosa al suelo y ¡se comió la mitad sin medicina! No me podía creer lo que estaba viendo, pero la obsequié con un arrumaco.

El problema de esta historia es que no estoy seguro de si lo que consideré como una prueba de una gran inteligencia no fue nada más que un acontecimiento casual, que yo había interpretado exageradamente y celebrado con grandes aspavientos. ¿Me gustaría dedicar gran parte de mi tiempo mental a *Mozambique*? ¿En verdad me gustaría pasar mucho tiempo con un chimpancé? Es ahora cuando la cosa empieza a ponerse seria, y cuando hace falta trabajar duro para averiguar qué es lo que tenemos realmente en común con los chimpancés. Por supuesto, también está la cruz de la moneda: ¿Es justamente nuestro deseo de adornar con agentividad todo lo que nos rodea lo que nos hace humanos?

## UNA CITA CON UN CHIMPANCÉ

Consideremos los siguientes anuncios de la sección de contactos de un periódico local:

> HSL (hembra soltera liberal) busca la compañía de varones fuertes. La edad no importa. Soy joven, esbelta y atractiva, y me encanta jugar. Adoro vagar por los bosques, hacer autoestop y que me lleves en tu camioneta (que sea último modelo con interiores en cuero), salir de caza y de *camping*, y tontear con los lugareños. Me encanta pasar las cálidas noches tropicales con mi cabello entre tus dedos. Cenar a la luz de la luna, comiendo de tu mano, aunque no intentes comer de la mía. No soy de esas chicas a las que les gusta hablar de sentimientos, sólo rózame

cómo tú sabes y verás cómo respondo. Cuando llegues a casa, estaré en la puerta delantera, o en la del vecino, tal como Dios me trajo al mundo. Bésame y seré tuya. Trae también a tus amigos. Llama al 555 - xxxx y pregunta por *Daisy*.

O bien,

HS busca varón inteligente para RLP (relación a largo plazo). Soy joven, esbelta y atractiva, tengo sentido del humor y me encanta tocar el piano, hacer footing y cocinar los deliciosos productos de mi huerta. Adoro los largos paseos por los bosques conversando, que me lleves en tu Porsche e ir al fútbol juntos. Me encanta leer a la luz de la fogata campestre mientras tú estás cazando y pescando. Me encanta ir a museos, conciertos y galerías de arte. Me encantan las noches de invierno confortables e íntimas, yaciendo junto a la chimenea, solos tú y yo. Dame cenas a la luz de las velas en restaurantes de lujo y me tendrás comiendo de tu mano. Susúrrame las palabras justas, rózame como tú sabes, no te olvides de mi cumpleaños y verás cómo respondo.

¿A cuál de los dos anuncios respondería el lector? Puede encontrarse una versión del primero en <snopes.com>, una página de referencia sobre «leyendas urbanas». Supuestamente se insertó en un periódico de Atlanta, adjuntando un número de teléfono perteneciente a la Humane Society* que recibió 643 llamadas los dos primeros días de publicación del anuncio. *Daisy* no era ni siquiera una chimpancé, sino una labrador de color negro. La Humane Society negó haber puesto el anuncio.

¿En qué se diferenciarían ambas citas? ¿Qué error de cálculo habríamos cometido de encontrarnos ante una chimpancé en la puerta tras responder al primer anuncio? ¿Podríamos tener una cita con un chimpancé? ¿Tendríamos algo en común?

## ¿PRIMOS?

Como resulta obvio, las diferencias y semejanzas físicas entre nosotros y nuestros parientes más cercanos, los chimpancés, son bastante notorias. ¿De qué estamos hablando exactamente cuando decimos «parientes más cercanos»? A

* En los países de habla anglosajona, las sociedades humanas son conocidas, además de por su papel en la mejora de las condiciones de vida de los más desfavorecidos, por su lucha contra el maltrato de animales. *(N. del t.)*

menudo se dice que compartimos con ellos el 98,6 % del total de nuestra secuencia de nucleótidos de ADN. Sin embargo, este dato puede resultar bastante engañoso. No significa que compartamos el 98,6 % de nuestros genes con los chimpancés. Los cálculos actuales estiman que los seres humanos tenemos de 30.000 a 31.000 genes. Lo que generalmente no se destaca es que estos 30.000 genes ocupan poco más de un 1,5 % del genoma total, el resto del cual es no codificante.[2,3] Por lo tanto, la inmensa mayoría del genoma yace ahí, y su función es en gran medida desconocida.

Si únicamente el 1,5 % del ADN humano codifica genes cruciales para construir un ser humano, ¿están diciéndonos los genetistas que el 98,6 % del 1,5 % es similar entre el chimpancé y el ser humano? No. Dicho de otro modo, ¿cómo puede sólo un 1,4 % del ADN determinar una diferencia tan enorme? La respuesta es clara: la relación entre un gen —una secuencia de ADN— y su función final no es simple. Cada gen se puede expresar de muchas maneras distintas, y la variación en la expresión puede dar cuenta de importantes diferencias de función.

He aquí el resumen, publicado en la revista *Nature*, del informe sobre la secuenciación de un cromosoma del chimpancé:

> La investigación comparada de los genomas humano y del chimpancé es esencial para determinar los cambios genéticos implicados en la adquisición de características humanas únicas, como funciones cognitivas altamente desarrolladas, bipedismo o uso de lenguaje complejo. Aquí nos referimos a la secuencia de ADN de alta calidad de 33,3 megabases del cromosoma 22 del chimpancé. Comparando la secuencia completa con su contrapartida humana, el cromosoma 21, hemos descubierto que el 1,44 % del cromosoma consta de sustituciones de una sola base además de unas 68.000 inserciones o supresiones. Estas diferencias son suficientes para generar cambios en la mayoría de las proteínas. De hecho, el 83 % de las 231 secuencias codificantes, incluidos genes funcionalmente importantes, muestran diferencias en la secuencia de aminoácidos. Más aún, hemos demostrado una expansión diferencial de subfamilias particulares de retrotransposiciones entre los linajes, lo que sugiere que esas retrotransposiciones han tenido impactos diferentes sobre la evolución humana y la de los chimpancés. Los cambios en el genoma tras la especiación y sus consecuencias biológicas parecen más complejos de lo que se supuso en las hipótesis originales.[4]

Los grandes simios, incluidos los orangutanes, los gorilas, los chimpancés, los bonobos y los seres humanos, han evolucionado a partir de un antepasado común. El linaje que luego evolucionó para convertirse en los orangutanes se separó hace unos 15 millones de años (ma), y en el caso de los gorilas, 10 ma.

Se estima que, en algún momento entre hace 5 y 7 ma, compartimos un antepasado común con el chimpancé. Es por eso por lo que se considera a este simio nuestro pariente vivo más cercano. Por alguna razón, y a menudo se culpa al clima, que pudo haber causado un cambio en el alimento disponible, hubo una nueva separación en nuestro linaje común. Una rama de la familia permaneció en la jungla tropical, y la otra se aventuró a pie a campo abierto. La rama que permaneció en la jungla dio como resultado los chimpancés y, más tarde, los bonobos (a veces conocidos como chimpancés pigmeos, pese a que son sólo un poco más pequeños). Los bonobos derivaron de un antepasado chimpancé común hace unos 1,5 y 3,0 ma. Ocupan las selvas tropicales al sur del río Zaire, en África central y occidental, donde no hay gorilas que compitan por la comida, mientras que los chimpancés viven en las selvas tropicales del norte del Zaire, con los gorilas. Los chimpancés son considerados una especie conservadora, porque su hogar siempre ha sido la jungla tropical. No han tenido que adaptarse a muchos cambios y por lo tanto, evolutivamente hablando, no han cambiado mucho desde que se separaron de nuestro antepasado común.

Pero no sucedió lo mismo con la rama de campo abierto que dejó la selva tropical para vivir en la sabana. Sus miembros tuvieron que adaptarse a un entorno radicalmente distinto, por lo que experimentaron muchos cambios. Tras unos cuantos comienzos falsos y callejones sin salida, se transformaron finalmente en el *Homo sapiens*. Los seres humanos somos la única forma homínida superviviente del linaje que se separó del antepasado común con los chimpancés, pero hubo muchos que vinieron antes que nosotros. *Lucy*, por ejemplo, el fósil de *Australopithecus afarensis* descubierto por Donald Johanson en 1974, conmovió al mundo antropológico porque era bípedo pero no tenía nuestro gran cerebro. Hasta ese momento, se creía que el cerebro grande había conducido al bipedismo.

En 1992, Tim White, de la Universidad de California, en Berkeley, descubrió los fósiles de homínidos más antiguos conocidos. Pertenecían a un animal simiesco y bípedo que recibió el nombre de *Ardipithecus ramidus* y al parecer vivió entre aproximadamente unos 4,4 y 7,0 ma. Recientes hallazgos de fósiles de *Australopithecus anamensis* en Etiopía, de nuevo por parte de Tim White, que se remontan a 4,1 ma atrás, sugieren que podría ser el descendiente del *Ardipithecus* y el precursor de *Lucy*. Del *Australopithecus* descendieron varias especies diferentes, incluido el principio de nuestra especie, *Homo*. Sin embargo, nuestro desarrollo no consistió en una línea recta desde *Lucy* en adelante. Hubo periodos en que coexistieron diferentes especies de *Homo* y *Australopithecus*.

## DIFERENCIAS FÍSICAS

No obstante, aquí estamos, y la cuestión vuelve a ser la misma: ¿Cuán diferentes somos? Ahora que sabemos que la diferencia aparentemente pequeña de un 1,5 % en nuestro genoma representa muchísimo, cabe esperar que encontremos algunas grandes diferencias en nuestra especie.

En primer lugar, ¿es único el bipedismo? Los australianos niegan con la cabeza: los canguros. Aunque los seres humanos no somos los únicos animales bípedos, el bipedismo puso en marcha, en el linaje homínido, una serie de cambios físicos que nos distinguen de los chimpancés. Perdimos nuestro dedo gordo del pie oponible y desarrollamos un pie que podía sostener nuestro peso estando erguidos. Esto también nos ha permitido llevar zapatos de diseño italianos, una conducta única observada sólo en seres humanos. Los chimpancés todavía tienen un dedo gordo del pie oponible, que actúa de modo parecido a un pulgar y sirve para agarrar ramas, pero no para sostener el peso estando erguido. Cuando los seres humanos nos convertimos en bípedos, nuestras piernas se enderezaron, a diferencia de las piernas arqueadas de un chimpancé. Nuestras pelvis y cadera cambiaron su tamaño, su forma y su ángulo de conexión. Nuestra espina dorsal se curvó adoptando forma de S, en contraste con la espina dorsal recta de un chimpancé. El foramen vertebral torácico, el canal por el que discurre la médula espinal, se ha alargado, y el punto donde la médula espinal se une al cráneo se ha desplazado hacia delante, en dirección al centro de nuestro cráneo en vez de a la parte posterior.

Robert Provine, de la Universidad de Maryland, investigador que estudia la risa, defiende que, en realidad, el bipedismo hizo mecánicamente posible el habla. En los simios, que caminan sobre sus cuatro patas, los pulmones tienen que estar completamente hinchados, a fin de poder proporcionar la rigidez extra que se requiere para que, al correr, el tórax absorba el impacto del suelo a través de los miembros delanteros. El bipedismo rompió el vínculo entre el ritmo respiratorio y el paso, y permitió la flexibilidad necesaria para regular la respiración y, en última instancia, el habla.[5]

Tuvieron lugar otros cambios que posibilitaron el habla: los cuellos se alargaron, y la lengua y la faringe se hundieron más abajo en la garganta. En los chimpancés y otros simios, la vía nasal está directamente conectada con los pulmones. Se halla completamente separada de la ruta de alimentación a través de la boca y hacia el esófago: esto significa que los otros simios no pueden atragantarse con la comida, pero nosotros sí. Tenemos un sistema diferente, un sistema único, en el que el aire y la comida comparten una vía común en la

parte posterior de la garganta. Hemos desarrollado una estructura llamada «epiglotis», que cierra el paso hacia los pulmones cuando tragamos, y lo abre cuando respiramos. Es la anatomía de la faringe, concretamente la laringe, lo que nos permite emitir la enorme variedad de sonidos que nos caracteriza. Alguna ventaja relativa a la supervivencia tuvo que contrarrestar el incremento del riesgo de muerte por asfixia al atragantarse. ¿Fue el aumento de nuestra capacidad de comunicación?

## *Liberación de las patas delanteras*

Una vez que empezamos a caminar erguidos, tuvimos las manos libres para llevar cosas, y nuestros pulgares se volvieron extraordinarios. De hecho, los pulgares se volvieron únicos. Los chimpancés tienen pulgares oponibles, pero carecen de la variedad de movimientos de los nuestros, y esto es clave. Podemos arquear los pulgares hasta tocar los meñiques, en el movimiento conocido como oposición en pinza de pulgar y meñique, mientras que los chimpancés no pueden. Esto significa que podemos coger objetos con las puntas de los dedos y no sólo con los lados. También tenemos las puntas de los dedos más sensibles, con miles de nervios por centímetro cuadrado enviando información al cerebro. Esto nos ha dado la capacidad de realizar las tareas de coordinación motora más finas no sólo de todos los simios, sino también de todas las criaturas vivas.

Según datos del registro fósil actual, parece que nuestras manos estuvieron libres y funcionales hace unos dos millones de años en el *Homo habilis*, cuyos fósiles fueron descubiertos ya en 1964 en el cañón Olduvai, en Tanzania, junto con las primeras herramientas manuales. Este descubrimiento causó una conmoción entre los antropólogos de la época, pues el tamaño del cerebro del *Homo habilis* era más o menos la mitad del nuestro, y se creía que para fabricar herramientas hacía falta un cerebro más grande. De hecho, el pulgar oponible en pinza fue lo que permitió a nuestros antepasados agarrar objetos y hacerlos chocar entre sí para hacer los primeros utensilios. Recordemos que la fabricación de utensilios no es exclusiva de los seres humanos. Se ha observado a chimpancés, a cuervos y a delfines usando palos, hierbas y esponjas como herramientas. Sin embargo, ninguno de estos animales ha fabricado jamás un Maserati, que es exclusivo de los seres humanos.

### *La cuestión pélvica: cerebros grandes, pelvis grandes*

El cambio en el tamaño de la pelvis también ha tenido grandes repercusiones. El canal del parto se volvió más estrecho e hizo mucho más difícil el parto, pese a que el cerebro, y por tanto la cabeza, se agrandaba. Una pelvis más ancha hubiese imposibilitado mecánicamente el bipedismo. En el embrión, el cráneo de los primates se desarrolla en forma de placas que van cubriendo el cerebro y no se unen hasta después del nacimiento. (¿Recuerdan ese punto blando en la cabeza del bebé que no había que tocar?) Esto permite que el cráneo sea lo bastante maleable para pasar por el canal del parto. Los bebés humanos nacen mucho menos desarrollados que los de otros simios. De hecho, en comparación con otros simios, los bebés humanos nacen un año antes de tiempo, y por eso están tan indefensos y hay que ocuparse de ellos durante más tiempo. Las placas de nuestro cráneo no se unen del todo hasta que cumplimos los 30 años más o menos. Al nacer, nuestro cerebro tiene sólo un 23 % del tamaño de un cerebro adulto y continúa creciendo hasta la adolescencia.

Si bien parece que ciertas partes de nuestro cerebro pueden continuar creciendo a lo largo de nuestra vida, esto probablemente no se debe al añadido de nuevas neuronas, sino al hecho de que las vainas de mielina que envuelven las neuronas siguen creciendo. Francine Benes, catedrática de psiquiatría especializada en neurociencia de la Facultad de Medicina de la Universidad de Harvard y directora del Harvard Brain Tissue Resource Center,* ha descubierto que la mielinización de por lo menos una parte del cerebro** prosigue hasta la sexta década de nuestra vida.[6] La mielinización de un axón (fibra nerviosa) aumenta la propagación de las señales eléctricas del cuerpo de la célula al área terminal de la neurona. Benes sugiere que esos axones podrían desempeñar un papel en la integración de las conductas emocionales en el proceso cognitivo, y que estas funciones pueden «crecer» y madurar a lo largo de la vida adulta. También es interesante el hecho de que se observa un efecto de género: hay un incremento de mielina en las mujeres entre los 6 y los 29 años, en comparación con los varones de la misma edad.

Por lo que hemos visto, nuestra anatomía física es importante, y no se sabe hasta qué punto ha afectado el desarrollo de nuestro cerebro y, por consiguiente, de nuestra humanidad.*** Pero volvamos a nuestra cita. Lo que realmente

* Banco de tejido cerebral para la investigación. *(N. del t.)*

** La capa medular superior, en la circunvolución parahipocampal.

*** Para una buena lectura y un excelente análisis de este tema, véase Chip Walter, *Thumbs, Toes and Tears and Other Traits That Make Us Human*, Nueva York, Walker, 2006.

nos interesa de una pareja, más allá de lo físico (que en el terreno de la selección sexual es mucho), es qué le hace vibrar. ¿Qué tenemos en común y qué diferencias son insuperables? Nuestro chico es inteligente y curioso. ¿Encajará con una chimpancé?

## DIFERENCIAS MENTALES

En las descripciones de nuestras eventuales citas hay algunas diferencias fundamentales. La chimpancé que nos ocupa no puede hablar, nunca adquirió control sobre el fuego, no sabe cocinar, no ha desarrollado una cultura en el arte, la música o la literatura, no es particularmente generosa, no es monógama y no sabe cultivar un huerto. Sin embargo, se siente atraída por los machos fuertes, es consciente de las diferencias de jerarquía, es omnívora y le gusta socializarse, cazar, comer bien y tener contacto íntimo con un macho. Examinemos estas semejanzas y diferencias.

¿Comparten los chimpancés parte de nuestra inteligencia? ¿Hay diferencia entre la inteligencia humana y la animal? Se podría escribir un libro entero sobre esta cuestión, y muchos lo han hecho. El tema es controvertido donde los haya. Las definiciones de inteligencia se suelen dar desde un punto de vista humano. Por ejemplo, «la inteligencia es una capacidad mental general que implica la habilidad de pensar en abstracto, de comprender ideas y lenguaje, aprender, planificar, razonar y resolver problemas».[7] Pero ¿puede compararse la inteligencia de una especie con la de otra? Quizás una definición de inteligencia animal más útil es la de Hubert Markl, antiguo presidente de la Sociedad Max Planck de Alemania, que dijo que es «la capacidad de relacionar de nuevas maneras fragmentos de información distintos y desconectados, y aplicar los resultados de un modo adaptativo».[8]

Daniel Povinelli, director del Cognitive Evolution Group (Grupo de Evolución Cognitiva) y el Center for Child Studies (Centro para el Estudio de la Infancia) de la Universidad de Louisiana, enfoca el problema planteando la cuestión de la inteligencia animal de esta forma: «¿En qué se distingue el pensamiento de las diferentes especies?».[9] O por decirlo de otra manera: ¿Qué tipo de pensamiento se requería para que una especie pudiese sobrevivir en los entornos en los que evolucionó con éxito? ¿Es posible imaginar una manera de pensar diferente? Nos cuesta imaginar cómo pensar de un modo distinto del nuestro; por tanto, los estados mentales de otras especies nos resultan difíciles de concebir. Bastante complicado es ya entender los estados mentales de nuestra propia especie. A Povinelli le preocupa el hecho de que los psicólogos al

obsesionarse en establecer una continuidad psicológica entre los seres humanos y otros grandes simios, sólo busquen semejanzas. De hecho, nos recuerda, «la evolución es real, y produce diversidad».[10] Tal vez obtendríamos una información mejor si observáramos la diversidad de estados mentales, en vez de distorsionar «su auténtica naturaleza concibiendo sus mentes como versiones más pequeñas, más aburridas y menos parlanchinas que las nuestras».[9] John Holmes, entrenador de border collies, declaró que «Un perro no es "casi humano", y no sé de peor insulto a la raza canina que describirlo como tal. El perro puede hacer muchas cosas que el hombre no puede ni podrá hacer nunca».[11] De hecho, son las diferencias lo que definen una especie y la hacen única.

Esto plantea un importante problema que tenemos que afrontar cuando estudiamos los estados mentales y la conducta de los chimpancés. ¿Cómo lo hacemos? Podemos estudiarlos en su hábitat natural: largos y penosos días sólo para llegar adonde viven, seguidos de largos, penosos y húmedos días infestados de mosquitos siguiéndolos y observándolos. O podemos estudiarlos en un laboratorio, pocos de los cuales están bien equipados para atender a chimpancés, en los que además no hay muchos chimpancés con los que trabajar, los diseños experimentales son limitados y los animales se vuelven cada vez más «sofisticados» a medida que se familiarizan con el medio experimental. Los científicos que los observan en estado natural dicen que el laboratorio es demasiado artificial, que los chimpancés no se comportan con normalidad y que pueden verse influidos por las personas que llevan a cabo los ensayos. Los científicos de laboratorio crean hipótesis y predicciones, luego diseñan un experimento controlando el máximo de variables que puedan, y registran e interpretan los resultados. Afirman que quienes hacen observación de campo carecen de control experimental sobre las situaciones en las que tienen lugar las conductas, y por lo tanto no están en condiciones de extraer una inferencia causal precisa. Unos y otros se ven afectados por el hecho de que las interpretaciones se hacen desde la perspectiva de los seres humanos, que están influidos por la cultura, las ideas políticas, la formación, las creencias religiosas y la teoría de la mente que les son propias. Con estas limitaciones en mente, pasaremos revista a los datos y observaciones obtenidos tanto en el laboratorio como en el trabajo de campo, y veremos hasta qué punto somos semejantes y hasta qué punto somos diferentes.

## *La teoría de la mente*

Los seres humanos tenemos una capacidad innata para entender que otros seres humanos tienen mentes con deseos, intenciones, creencias y estados men-

tales diferentes de los nuestros, así como la capacidad de formar teorías con cierto grado de acierto sobre el contenido de estos deseos, intenciones, creencias y estados mentales. Esta habilidad fue denominada «Teoría de la mente» (conocida por sus siglas en inglés, TOM) en 1978 por David Premack, de quien ya hemos hablado en el capítulo 1, y su colega Guy Woodruff. Fue una percepción ingeniosa. Otro modo de expresarlo: es la facultad para observar una conducta y luego deducir el estado mental inobservable que la está causando. En los niños, la teoría de la mente está completamente desarrollada de modo automático entre los 4 y los 5 años, y hay indicios de que está parcialmente presente antes de los 2 años.[12, 13] Parece que es independiente del coeficiente intelectual (CI). Los niños y adultos autistas presentan déficits en la teoría de la mente y tienen mermada su capacidad de razonar sobre los estados mentales de otros, aunque el resto de sus capacidades cognitivas estén intactas o acrecentadas.[14, 15] Al observar la conducta de otros animales, nuestra teoría de la mente nos causa dos problemas. Uno es que podemos caer en la trampa de observar un comportamiento animal determinado y, provistos de nuestra teoría de la mente, inferir un estado mental humano en el animal, lo que nos conduciría a una conclusión antropomórfica inadecuada. Por otro lado, podemos llevar al extremo la valoración de nuestra capacidad de teoría de la mente, hasta el punto de convertirla en el estándar cognitivo con el cual se compara todo lo demás, lo que nos induciría a pensar que el hombre está completamente separado del resto de los mamíferos. Entonces, ¿sólo los seres humanos tenemos una teoría de la mente?

Ésta es una de las principales cuestiones en la investigación sobre chimpancés. Poseer una teoría de la mente es una parte importante de nuestras capacidades, y se ha sostenido que es exclusivamente humana. Entender que otros individuos tienen creencias, deseos, intenciones y necesidades afecta a nuestras acciones y nuestras reacciones, sea por el afán de ser sociables o por el de protegernos. Cuando Premack y Woodruff acuñaron el término «Teoría de la mente», se preguntaban si los chimpancés la tenían. Desde entonces han transcurrido treinta años de experimentos, y la cuestión todavía no ha recibido una respuesta satisfactoria desde el laboratorio. En 1998, Cecelia M. Heyes, del University College de Londres, realizó una revisión de todos los experimentos y observaciones que se han hecho desde entonces sobre primates no humanos y los sometió a un análisis riguroso. En estos experimentos se estudiaba la imitación motora (la copia espontánea de comportamientos nuevos), el reconocimiento de uno mismo en el espejo, las relaciones sociales, la asunción de roles (la capacidad de adoptar el punto de vista de otro individuo), el engaño y la adopción de perspectiva (que tiene que ver con la cuestión de si

ver algo se traduce en conocerlo, es decir, si hay una conciencia de lo que los otros ven). Llegó a la conclusión de que, en cada uno de los casos en que la conducta de un primate no humano había sido interpretada como índice de teoría de la mente, eso pudo haber sido producto o bien del azar, o bien de procesos no mentales.[16] Heyes no creía que los procedimientos actuales hubiesen demostrado o refutado la presencia de una teoría de la mente en chimpancés, aunque sus argumentos específicos en relación con el reconocimiento de uno mismo en el espejo no son comúnmente aceptados. Povinelli y su colega Jennifer Vonk han llegado a la misma conclusión.[17]

Pero nada resulta simple en un campo en el que hay tanto en juego. Michael Tomasello y su equipo del Instituto Max Planck para la Antropología Evolutiva de Leipzig, Alemania, han llegado a una conclusión distinta. «Aunque los chimpancés, casi con toda seguridad, no entienden las otras mentes de la misma manera que los seres humanos (por ejemplo, al parecer no captan las creencias), sí entienden algunos procesos psicológicos (como, por ejemplo, la visión)».[18] Tomasello y sus colegas creen que los chimpancés tienen cuando menos algunos de los componentes de una teoría de la mente.

Si yo tengo una creencia acerca de su estado mental, y usted tiene otra acerca del mío, estas creencias se describen como niveles u órdenes de intensionalidad (siguiendo la práctica original, el término *intensionalidad*, escrito con *s*, se usa aquí para referirse específicamente a los estados mentales asociados a una teoría de la mente. Se distingue de la *intencionalidad*, con *c*, que es un tipo de intensionalidad). Yo sé 1) que tú sabes 2) que yo sé 3) que tú quieres que vaya a París 4) y que yo quiero ir. En una conversación sobre intensionalidad, el cuarto orden es el máximo que la mayoría de la gente puede alcanzar a comprender, pero algunas personas llegan hasta los cinco o seis órdenes, así que continúo: y tú sabes 5) que no puedo ir y yo sé 6) que tú lo sabes pero sigues aduciendo motivos para ir. ¡Uf! Como he dicho antes, la cuestión de hasta qué punto otros primates tienen una teoría de la mente sigue siendo enormemente controvertida. Se acepta que tienen intensionalidad de primer orden. Muchos investigadores, pero no todos, creen que un individuo que lleva a cabo estrategias de engaño táctico tiene intensionalidad de segundo orden. Piensan que, para poder engañar a otro individuo, un animal tiene que creer que otro animal cree algo. Gracias a la recopilación de numerosos estudios observacionales, Richard Byrne y Andrew Whiten han demostrado que los casos de engaño táctico son muy infrecuentes entre los prosimios* y los monos del Nuevo Mundo,

* Los parientes más lejanos de los primates actuales.

pero son comunes entre los monos y simios socialmente avanzados del Viejo Mundo, en especial los chimpancés.[19]

Aunque no todos los especialistas conceden crédito a los estudios observacionales, muchos aceptan que los primates no humanos tienen intensionalidad de segundo orden. Los científicos del laboratorio de Tomasello han demostrado, en una serie de experimentos realizados durante los últimos años, que los chimpancés saben lo que otros chimpancés han visto o no han visto, y pueden utilizar este conocimiento para guiar su conducta. Irán tras la comida que un chimpancé más dominante no ha visto, pero no tras la comida que el chimpancé dominante puede ver; para obtener la comida, algunos subordinados incluso llevan a cabo maniobras estratégicas, como esperar u ocultarse.[20] En el capítulo 5 aprenderemos más acerca de lo que los chimpancés comprenden en relación con las cosas que ven. Tomasello también ha descubierto que entienden algunas cosas en relación con las intenciones de otros, en particular la diferencia entre las ocasiones en que un experimentador no quiere darles comida y aquellas en las que no puede hacerlo.[21] Además, los chimpancés son más hábiles en tareas competitivas que en aquellas que requieren cooperación,[22] pero cuando necesitan cooperar escogen al chimpancé que en el pasado ha sido el mejor colaborador en esa misma tarea.[23]

Donde los chimpancés fracasan es en una tarea de la creencia falsa que los niños saben resolver entre los 4 y los 5 años. Este test se solía utilizar para indicar la posesión de una teoría de la mente plenamente desarrollada. Sin embargo, recientemente se ha descubierto que es un test demasiado exigente en este sentido. Como han señalado Paul Bloom, de la Universidad de Yale, y Tim German cuando estaba en la Universidad de Essex en Colchester, Reino Unido, hay otras cosas en la teoría de la mente además de la tarea de la creencia falsa, y hay otras cosas en la tarea de la creencia falsa además de la teoría de la mente.[24]

¿En qué consiste esta tarea? Su denominación clásica es «test de Sally y Ann». En su versión no verbal, funciona así: Sally oculta una recompensa, por ejemplo comida, en uno de dos recipientes idénticos mientras Ann mira pero el sujeto (el niño o el chimpancé) no mira. Entonces éste ve que Ann pone una señal en el recipiente que según ella contiene la comida. El niño o el chimpancé tienen que escoger a continuación el recipiente de la comida. Ambos saben hacerlo a la perfección. De nuevo, Sally oculta la recompensa mientras Ann mira pero el sujeto no. Entonces éste observa cómo Ann se va de la habitación y, mientras está fuera, ve a Sally cambiar los recipientes. Cuando Ann vuelve a la habitación, marca el recipiente en el que cree que está la comida (y que por supuesto es el equivocado). En algún momento entre los 4 y los 5 años, los ni-

ños entienden que el recipiente en el que Ann cree que está la comida ha cambiado de lugar y que ella no lo sabe. Comprenden que la creencia de Ann es falsa, y escogen correctamente el recipiente de la comida, no el marcado por Ann. Sin embargo, los chimpancés y los niños autistas no entienden que la creencia de Ann es falsa, y escogen el recipiente señalado por ella.[25]

En los últimos dos años, los investigadores han empezado a darse cuenta de que este test es demasiado duro para niños menores de 3 años. Cuando se utilizan diferentes versiones de él o de un tipo de test distinto, incluso niños de 18 meses hasta 2 años pueden considerar ciertos estados mentales, como por ejemplo metas, percepciones y creencias, explicaciones de la conducta de los demás.[26]

¿Qué demuestra en realidad esta tarea? ¿Cuál es el motivo de semejante cambio sustancial entre los 3 y los 5 años? ¿Qué ocurre en el cerebro de estos niños que les permite hacer lo que un chimpancé no puede hacer?

¡Cuidado, o nos meteremos en un campo minado! La controversia es intensa, y hay dos explicaciones diferentes en disputa. Una es que, a medida que se hace mayor, el niño experimenta un cambio conceptual en la comprensión de lo que realmente son las creencias: adquiere una comprensión teórica de los estados mentales,[27] quizás a través de un mecanismo de dominio general de formación de teorías.[28] En otras palabras, primero viene la teoría, y los conceptos se derivan de ella. La otra explicación remite a un mecanismo modular de formación de teorías de la mente (ToMM, por sus siglas en inglés), que emerge gradualmente en el transcurso de un programa determinado en el desarrollo madurativo del niño.[29, 30]

Al sacar a relucir la cuestión de los módulos me estoy adelantando un poco, pero muy pronto voy a hablar de ellos a fondo. Por ahora, considérese un módulo un mecanismo instalado en nuestro cerebro (innato), que inconscientemente nos hace pensar o actuar de cierta manera, dirige nuestra atención a estados mentales como creencias, deseos y fabulaciones, y nos permite aprender acerca de ellos.[31, 32] La propuesta consiste en suponer que nacemos con estos conceptos. Primero están los conceptos, y luego formamos teorías. El mecanismo proporciona al niño algunos estados de creencia alternativos y a continuación un proceso secundario de selección (que no es modular y puede ser influido por el conocimiento y la experiencia previos y las circunstancias del momento) deduce el estado mental subyacente que dio lugar al estado de creencia.

Por ejemplo, un niño observa y presta atención a una conducta: una persona que dice «Hmmm». Entonces surgen las opciones: «Veamos... puede que crea que el caramelo está en la caja que ha marcado con una X y que eso sea

verdad, o puede que lo crea pero que no sea verdad». Pero he ahí la clave: la opción «Ella cree esto y es verdadero» es la opción por defecto. Esta opción se proporciona siempre, es la que normalmente se escoge, y en general es la correcta: lo que las personas creen suele ser verdadero. Pero, en algunas ocasiones, los demás tienen creencias falsas y sabemos que lo son. En semejantes ocasiones infrecuentes, no hay que escoger la opción por defecto. Y para no seleccionar esta opción, y resolver con éxito la tarea de la falsa creencia, dicha opción debe inhibirse, y ahí reside la dificultad. Esto es lo que resulta tan difícil para los más pequeños y nuestros amigos los chimpancés: la inhibición. Esta teoría también explica por qué somos cada vez más certeros a la hora de atribuir creencias a otros: una vez que le cogemos el truco a la inhibición, el conocimiento y la experiencia ayudan.

Tomasello no cree que los chimpancés tengan una teoría de la mente totalmente desarrollada, pero sostiene la hipótesis de que «poseen un esquema social-cognitivo que les permite escarbar un poco por debajo de la superficie y discernir parte de la estructura intencional de la conducta y cómo ésta es influida por la percepción».[33] Daniel Povinelli no acepta esta conclusión: no cree que la semejanza en conducta con los chimpancés refleje una semejanza psicológica. Ofrece una hipótesis alternativa, la de la reinterpretación, según la cual casi toda la conducta social que los seres humanos tienen en común con otros primates emergió mucho antes de que el linaje humano adquiriese evolutivamente los medios de interpretar tales conductas en términos de estados intencionales de segundo orden.[34]

La controversia continúa acerca de cuál es la conciencia que compartimos con los chimpancés. Según Povinelli, lo que compartimos, es, en el mejor de los casos, mínimo: «Aspectos clave de la información disponible apuntan la posibilidad de que, si los chimpancés tienen una teoría de la mente, tiene que ser de un tipo radicalmente distinto de la nuestra». Esto nos lleva de nuevo a la cuestión que Povinelli plantea de entrada: ¿En qué difiere el pensamiento de las distintas especies?

Povinelli introduce un ulterior refinamiento a esta cuestión: «¿Acerca de qué son sus estados mentales?». Bueno, con toda seguridad tratan de la vida en la selva tropical. «Lo más razonable sería pensar que el estado mental de un chimpancé ante todo tendrá que ver con las cosas más relacionadas con su medio ecológico natural: recordar la localización de árboles frutales, mantenerse ojo avizor ante posibles depredadores y estar pendiente del macho alfa». En esta medida, sería un buen compañero en una acampada por el bosque. Povinelli sugiere a continuación que «en contraste con los seres humanos, para forjar sus conceptos sociales los chimpancés se basan exclusivamente en las

características observables de los demás. Si esta suposición fuera correcta, significaría que no se percatan de que en los otros hay algo más aparte de sus movimientos, sus expresiones faciales y sus hábitos de conducta». En resumen, Povinelli cree que «para cada habilidad que comparten seres humanos y chimpancés, ambas especies compartirían también un conjunto común de estructuras psicológicas que, al mismo tiempo, los seres humanos incrementarían gracias a uno o varios sistemas exclusivos de la especie».[9] Más adelante volveremos sobre la teoría de la mente en otros animales.

Otro aspecto de la inteligencia es ser capaz de hacer planes para el futuro. Además de llevar a cabo estudios sobre la teoría de la mente, Nicholas Mulcahy y Josep Call, también del Instituto Max Planck de Leipzig, han investigado la cuestión de si otros grandes simios pueden elaborar planes. Recientemente han publicado una investigación sobre cinco bonobos y cinco orangutanes, en la que han descubierto que éstos tienen la capacidad de guardar una herramienta adecuada para usarla en el futuro.[35] La investigación consistió en enseñar primero a los sujetos a usar una herramienta para obtener una recompensa de comida de un aparato en una sala de pruebas. «Entonces situamos dos herramientas adecuadas y seis inadecuadas en la sala, pero bloqueamos el acceso de los sujetos al aparato con el cebo. Tras cinco minutos, los sujetos fueron trasladados de la sala de pruebas a la sala de espera, y el cuidador sacó entonces todos los objetos que quedaban en la sala de pruebas, bajo la atenta mirada de los sujetos. Una hora más tarde se permitió a éstos volver a la sala de pruebas y acceder al aparato. Por consiguiente, para resolver el problema tenían que seleccionar una herramienta adecuada de la sala de pruebas, llevársela a la sala de espera, guardarla ahí durante una hora y traerla consigo a la sala de pruebas al regresar». Los sujetos se llevaron una herramienta consigo el 70 % de las ocasiones. Entonces, los investigadores repitieron el test tras un lapso de catorce horas, y los sujetos de nuevo lo resolvieron bien. Mulcahy y Call concluyeron que «estos resultados sugieren que las habilidades precursoras para hacer planes de futuro evolucionaron en los grandes simios con anterioridad al antepasado común que comparten todas las especies existentes actualmente, y que vivió hace 14 millones de años». Tal vez la chimpancé de nuestra cita planifique con antelación y haga una reserva.

## EL LENGUAJE

De modo que el chimpancé de nuestra cita tal vez no tenga ninguna teoría sobre nosotros y, en consecuencia, cualquier cosa que podamos hacerle será, de

algún modo, considerada carente de intención. No obstante, quizá tenga sentimientos sobre sus propios estados mentales de los que le gustaría hablarnos. El habla, por supuesto, es la facultad o acto de expresar o describir pensamientos, sentimientos o percepciones mediante la articulación de palabras. Pero los chimpancés no pueden hablar. Recuerdo que mi amigo Stanley Schachter, de la Universidad de Columbia, siempre se lamentaba: «¿Cómo se va a hacer famoso Herb Terrace* por demostrar que los chimpancés no pueden hablar?». En última instancia, simplemente carecen de la anatomía que se requiere para poder articular los tipos necesarios de sonidos, así que el habla en sentido estricto está descartada. Pero sin duda eso no significa que no puedan comunicarse.

La comunicación es, por decirlo de un modo simple, la transferencia de información mediante lenguaje hablado, señales, escritura o conducta. En el mundo de la comunicación animal, se define más específicamente como cualquier conducta de un animal que tenga un efecto en la conducta actual o futura de otro animal. Un ejemplo de comunicación entre especies es el de una serpiente agitando su cascabel: es un aviso de que está a punto de atacar. El lenguaje, por supuesto, es otro tipo de comunicación. Es muchísimo más complejo en sus orígenes y en las capacidades que se precisan, y también lo es en su definición. De hecho, la definición del lenguaje está sometida a una constante revisión por los lingüistas, con gran consternación de los investigadores que estudian la adquisición del lenguaje humano por parte de los chimpancés.

Sue Savage-Rumbaugh, primatóloga de la Universidad Georgia State, según la cual los simios tienen capacidad lingüística, proclama su frustración: «Primero los lingüistas decían que si queríamos afirmar que los animales pueden aprender a usar el lenguaje teníamos que lograr que usaran signos de manera simbólica. De acuerdo, lo conseguimos; y entonces dijeron: "No, esto no es lenguaje, porque no tiene sintaxis". Así que demostramos que nuestros simios podían producir algunas combinaciones de signos, pero entonces los lingüistas dijeron que eso no era suficiente sintaxis, o que no era la sintaxis adecuada. Nunca aceptan que hayamos hecho lo bastante».[36]

Bueno, el lenguaje es un sistema de símbolos abstractos y la gramática (las reglas) con que se manipulan. Por ejemplo, las palabras *perro*, *dog* y *chien* significan «perro». El sonido de la palabra no tiene que ver con su significado; es sólo un sonido que representa «perro» en diferentes idiomas. Es un símbolo abstracto. El lenguaje no tiene por qué ser hablado ni escrito; puede expresarse

* Catedrático de psicología y director del Laboratorio de cognición primate de la Universidad de Columbia.

con gestos, como el lenguaje de signos. Lo que es complicado y siempre cambiante son las opiniones sobre las reglas: lo que implican, de dónde vienen y cuáles son los componentes, si los hay, que son exclusivos del lenguaje humano.

La sintaxis es el patrón de formación de oraciones o frases que rige el modo en que se unen las palabras en una oración. El lenguaje humano puede combinar palabras indefinidamente para producir un número ilimitado de oraciones que sean todas distintas y nunca se hayan dicho antes. Los hablantes de ese lenguaje en particular pueden entenderlas, porque las palabras están organizadas de manera jerárquica y repetitiva, no meramente al azar. Así que alguien que posea lenguaje humano puede concertar una cita en un tiempo y lugar determinados, y proporcionar indicaciones de cómo y cuándo llegar allí. «Nos vemos a las doce del mediodía enfrente del museo, es decir, al lado del banco» no es lo mismo que «Nos vemos a las doce del mediodía enfrente del banco, es decir, al lado del museo», que también es distinto del sinsentido «Banco vemos decir del a doce del al las enfrente es lado nos del mediodía museo». ¿Y por qué es un sinsentido? Porque no sigue las reglas de la gramática. Si el lenguaje careciera de sintaxis, tendríamos sólo un puñado de palabras que uniríamos de cualquier manera. Tal vez podríamos darles cierto significado rudimentario, pero entonces a lo mejor nos darían plantón sin querer. Y eso no es bueno para una cita.

¿Cómo se desarrolló la sintaxis? Una especie tiene o no la capacidad de aprender a usar un lenguaje, y esta capacidad ha sido adquirida a lo largo de un proceso evolutivo de selección natural. Si una especie puede aprender a usar un lenguaje, sus miembros individuales nacen con la facultad de representación simbólica y la de sintaxis. Por supuesto, hay quienes no están de acuerdo con esta teoría, en dos sentidos distintos. Algunos creen que el lenguaje no es una capacidad innata, sino que se adquiere la capacidad de aprender a usarlo. No se refieren a aprender un lenguaje determinado, sino a la capacidad de aprender cualquier lenguaje. En otras palabras, según esta idea un individuo no utiliza la sintaxis y la representación simbólica espontáneamente. Otros discrepan respecto a la cuestión de la evolución del lenguaje. Los lingüistas cognitivos, que defienden la teoría de la «continuidad», sostienen que los rasgos mentales están sujetos a las mismas fuerzas de selección natural que los rasgos biológicos. Los defensores de la teoría de la «discontinuidad», por su parte, argumentan que algunos elementos de la conducta y los rasgos mentales son cualitativamente exclusivos de una determinada especie y no comparten herencia evolutiva alguna con otras especies actualmente existentes o con especies arcaicas. Noam Chomsky, el galardonado lingüista del MIT, sostiene que el lenguaje humano es «discontinuo» en este sentido.[37]

Conviene recordar que la cuestión que nos ocupa es la búsqueda de lo que es exclusivo de los seres humanos. Además de Chomsky, hay otros que incluyen a menudo en esta lista nuestra capacidad de lenguaje. ¿Pueden los chimpancés comunicarse usando el lenguaje? Esta pregunta equivale en realidad a la pregunta de si los primates no humanos pueden comunicarse usando un lenguaje que les han enseñado los seres humanos. Los primeros esfuerzos para enseñar el lenguaje a los chimpancés fueron los realizados por David Premack cuando estaba en la Universidad de California, en Santa Bárbara. Lo sé porque el chimpancé que él adiestraba tenía, por así decirlo, su despacho al lado del mío. Su nombre era *Sarah*, y era inteligentísima. De hecho, de haber podido recibir la instrucción en su totalidad, seguramente habría hecho carrera.

Premack se trasladó a la Universidad de Pennsylvania y lo siguió intentando. Otros se subieron al tren, entre ellos Herbert Terrace, de la Universidad de Columbia. En 1979, Terrace publicó un informe escéptico sobre sus esfuerzos para enseñar el lenguaje de signos a un chimpancé bautizado jocosamente como *Nim Chimpsky*. *Nim* era capaz de conectar un signo a un significado y de expresar pensamientos simples como «dar naranja mi dar comer». Sin embargo, no podía formar nuevas ideas combinando signos en modos que no le habían sido enseñados: no captaba la sintaxis. Terrace revisó también los informes sobre otros intentos de enseñar el lenguaje a los simios, y llegó a la misma conclusión: no pueden formar oraciones complejas.

Sólo nos queda entonces *Koko* la gorila, a quien Penny Patterson supuestamente había enseñado el lenguaje de signos. Al evaluar las habilidades de *Koko* se nos plantea un problema: Patterson, la instructora, es la única intérprete de las conversaciones y, como tal, no es objetiva. Stephen Anderson, un lingüista de Yale, observa que pese a que Patterson afirma haber guardado registros sistemáticos, nadie más ha podido estudiarlos y que desde 1982 toda la información sobre *Koko* es la que han proporcionado la prensa popular y sesiones de chat con ella a través de internet, con Patterson actuando como intérprete y traductora de los signos de la gorila.[36]

Esta ambigüedad en la interpretación del lenguaje de signos es lo que condujo a Sue Savage-Rumbaugh a usar lexigramas, que no son ambiguos.[38] Savage-Rumbaugh dispone de unos datos realmente prometedores y de un bonobo caído del cielo. Usó un sistema de símbolos artificiales basado en iconos gráficos denominados «lexigramas», que había hecho insertar en el teclado de un ordenador.

Empezó enseñando a usar el teclado del ordenador a una bonobo hembra llamada *Matata*. Los experimentadores pulsaban una tecla con un lexigrama y apuntaban al objeto o acción deseados. El ordenador pronunciaba entonces la

palabra, y la tecla se iluminaba. *Matata* tenía un bebé llamado *Kanzi*, que entonces era demasiado joven para ser separado de su madre, así que estuvo junto a *Matata* durante las sesiones de instrucción. Ella no era una buena discípula, y al cabo de dos años apenas había aprendido nada. Por eso, cuando *Kanzi* tuvo cerca de 2 años y medio, *Matata* fue trasladada a otro centro, y *Kanzi* saltó a primer plano. Aunque carecía de entrenamiento específico, sólo con observar las sesiones de instrucción de su madre había aprendido a usar algunos de los lexigramas del teclado de un modo sistemático.

Savage-Rumbaugh decidió cambiar de táctica. En vez de las sesiones de instrucción que había estado usando con *Matata*, optó por llevar encima el ordenador con el teclado y usarlo durante la realización de actividades cotidianas. ¿Qué logros ha conseguido *Kanzi*? Bueno, consigue hacer corresponder imágenes, objetos y lexigramas con palabras habladas. Usa libremente el teclado para pedir los objetos que desea y los lugares a los que quiere ir. Sabe decirnos dónde tiene intención de dirigirse, y luego dirigirse allí. Es capaz de generalizar una referencia específica: usa el lexigrama correspondiente a pan para referirse a todos los panes, incluidos los tacos mexicanos. Tras oír una oración informativa, sabe ajustar lo que está haciendo empleando esa nueva información. Es a esto a lo que se refería Sue con su afirmación de que «primero los lingüistas decían que si queríamos afirmar que los animales pueden aprender a usar el lenguaje teníamos que lograr que usaran signos de manera simbólica». Y Sue tiene razón: *Kanzi* los usa.

Sin embargo, con todo esto se elude la cuestión de la sintaxis. Stephen Anderson señala que es necesario evaluar tanto la producción de lenguaje (el teclado) como el reconocimiento de lenguaje (el inglés hablado).[36] *Kanzi* usa tanto el teclado como los gestos, y en ocasiones combina ambos para formar una oración. Primero se vale de un lexigrama para especificar una acción, como la de «hacer cosquillas», y luego hace el gesto de señalar para especificar el agente; y lo hace siempre en este orden, aunque tenga que cruzar la habitación para señalar el lexigrama primero, y luego volver para indicar el agente. Se trata de una regla arbitraria, que *Kanzi* ha desarrollado por sí mismo.* Anderson afirma que esto aún no satisface la definición de sintaxis, en la que es el tipo de palabra (nombre, verbo, preposición, etc.), su significado y su papel en la oración (sujeto, complemento directo, subordinada condicional, etc.) lo que contribuye al significado de la comunicación, no el hecho de que sea tecleada, gesticulada, hablada o escrita.

* *Kanzi*, pág. 161.

Patricia Greenfield, lingüista de la Universidad de California, en Los Ángeles (UCLA), que estudia la adquisición del lenguaje por los niños y ha analizado todos los datos de Savage-Rumbaugh, no está de acuerdo. Ella piensa que en las combinaciones de palabras múltiples de *Kanzi* hay estructura sintáctica.* Por ejemplo, *Kanzi* reconoce el significado del orden de las palabras: entiende la diferencia entre «hacer que el perro muerda la serpiente» y «hacer que la serpiente muerda al perro», y usa animales de peluche para demostrar qué significan ambas frases. En el 70 % de las ocasiones responde satisfactoriamente a oraciones que no había oído antes, como «atrapa el perrito caliente», pronunciadas por un instructor oculto. Jamás animal alguno había demostrado tener ninguna de estas capacidades humanas; *Kanzi* es el primero.

Pero Anderson sigue sin estar convencido. Señala que cuando la comprensión de una oración depende de un «término gramatical», como una preposición, la ejecución de *Kanzi* es defectuosa. Parece que es incapaz de distinguir entre *en*, *sobre* o *junto a* y no está claro que comprenda las conjunciones *y* o *que* ni tampoco *cuál*. La obvia ventaja de *Kanzi* como cita es que no tendríamos que andar con pies de plomo al usar participios sin antecedente, o agrupaciones preposicionales, como en «¿Te gusta deambular entre la gente?». En su nivel actual, *Kanzi* comprende palabras que denotan objetos y acciones visuales. Anderson concluye que «*Kanzi* puede asociar mentalmente lexigramas y algunas palabras habladas a partes de conceptos complejos, pero no puede menos que ignorar las palabras con valor únicamente gramatical, porque carece de una gramática en la que semejantes palabras desempeñaran una función».[36] Aunque *Kanzi* demuestra tener facultades notables, debemos tener en cuenta que, tras muchos años de instrucción, aquéllas son rudimentarias.

En el último capítulo vimos que hay muchas similitudes, en cuanto a la estructura cerebral, entre los seres humanos y los otros grandes simios, especialmente los chimpancés, pero que nosotros tenemos el cerebro más grande, más conectividad y el gen FOXP2, entre otras cosas. Aprendimos que nuestra anatomía ha cambiado muchísimo desde la divergencia con respecto a un antepasado común, lo que nos permite vocalizar mejor. ¿Tiene sentido suponer que parte del cableado ya estaba ahí cuando divergimos del antepasado común, y el linaje del chimpancé hizo uso de él de una manera, mientras que la multitud de cambios que experimentó el linaje homínido produjo algo distinto? Sue Savage-Rumbaugh afirma que «la importancia de la posesión por parte

* *Kanzi*, pág. 155.

de *Kanzi* de ciertos elementos de lenguaje es, sin embargo, enorme. En tanto que el cerebro de los simios es sólo un tercio del tamaño del cerebro humano, deberíamos aceptar que la detección de algunos elementos de lenguaje, aunque sean pocos, es prueba de continuidad».*

¿Se comunican unos con otros los primates no humanos? ¿Hay un lenguaje natural en otras especies? Después de todo, como nos recuerda Povinelli, la evolución ha dotado a las otras especies de la capacidad de comunicarse entre sí, no con los seres humanos. Por desgracia, como señala Savage-Rumbaugh, *Kanzi* sabe más del lenguaje humano de lo que los seres humanos sabemos del lenguaje bonobo.[39]

## LA COMUNICACIÓN Y LOS POSIBLES ORÍGENES DEL LENGUAJE

Como prometí, pasaremos a examinar ahora otros tipos de comunicación. El lenguaje no es más que un tipo, y a todas luces resulta poco sólido. Traslademonos a la jungla y veamos qué se ha observado allí. Quizá los estudios más conocidos sobre comunicación animal intraespecífica son los realizados con monos vervet por Robert Seyfarth y Dorothy Cheney en el Parque Nacional de Amboseli, Kenia. Seyfarth y Cheney han descubierto que los monos vervet cuentan con distintos tipos de llamadas de alarma para distintos tipos de depredadores: uno para serpientes, uno para leopardos y otro para aves rapaces.[40] La respuesta de los otros monos vervet a un grito de serpiente consiste en incorporarse y mirar al suelo; al oír un grito de leopardo, todos se escabullen hacia los árboles; y en respuesta a un grito de ave de rapiña, trepan pegados al tronco de los árboles, lejos de los extremos expuestos de las ramas. Hasta hace poco, se pensaba que las vocalizaciones de los animales eran exclusivamente emocionales; sin embargo, un vervet no siempre da un grito de alarma: raramente lo hace cuando se encuentra solo, y es mucho más probable que lo haga estando con sus parientes que con extraños. Los gritos no son, por consiguiente, una reacción emocional automática.

Fue de nuevo David Premack quien observó que un sistema de comunicación afectivo, incluso uno basado exclusivamente en emociones, podía convertirse en semántico (es decir, transmitir información distinta de la emoción).[41] Pese a que un aullido puede ser una reacción emocional, también puede comunicar otra información. Esta idea fue muy discutida durante veinte años,

* *Kanzi*, pág. 164.

pero Seyfarth y Cheney, tras una investigación ulterior sobre los monos vervet, coincidieron con Premack: «Los emisores de la señal y sus destinatarios, aunque vinculados por un acto de comunicación, son no obstante entidades separadas y distintas, pues los mecanismos que causan la vocalización del emisor en ningún modo constriñen la capacidad del receptor para extraer información de la llamada».[42] Seyfarth y Cheney explican que para que una llamada proporcione información tiene que ser específica: no puede usarse la misma llamada por razones distintas. Además, la llamada tiene que ser informativa, esto es, debe hacerse cuando surge una situación específica.[43] Obviamente, se transmite y se recibe información. Esto podría representar un mecanismo indicativo de cómo evolucionó el lenguaje.

Sin embargo, Seyfarth y Cheney prosiguen señalando que la función más común del lenguaje humano es influir en la conducta de los demás modificando lo que saben, piensan, creen o desean, y el grueso de las pruebas empíricas sugiere que, aunque las vocalizaciones animales pueden traducirse en un cambio, no tienen esa intención pues son involuntarias. Los monos vervet no parecen atribuir estados mentales a otros. Por ejemplo, las crías de vervet a menudo hacen la llamada de alarma de águila erróneamente al avistar una paloma. Los adultos de las inmediaciones miran entonces hacia arriba, pero si no ven un águila no repiten la llamada. Sin embargo, si la cría es la primera en hacer una llamada de alarma ante un depredador genuino, a veces los adultos miran al cielo y realizan una segunda llamada de alarma, aunque no siempre. El patrón aleatorio de la conducta de repetición de la llamada de alarma de la cría indica que los adultos, al dar validez a todas las llamadas de alarma, no saben que la cría es ignorante y sólo está aprendiendo a detectar a los depredadores.[42]

Hay datos semejantes en relación con chimpancés salvajes, que no parecen ajustar sus llamadas para informar a individuos ignorantes de cuál es su paradero o sobre comida.[44, 45] Una madre puede oír la llamada de su bebé perdido, pero no responde. Mientras tanto, en el laboratorio, Povinelli ha descubierto que un chimpancé entrenado no puede enseñar a otro chimpancé a tirar de una cuerda para obtener una recompensa de comida. En resumen, no parece que los primates no humanos hagan llamadas o intentos de comunicarse porque perciban que otro individuo ignora algo o necesita información, como hace un ser humano. Si los chimpancés tuviesen una teoría de la mente, la madre podría pensar: *oigo a mi bebé llamando a lo lejos. No sabrá donde estoy. Tengo que llamarle para que sepa donde estoy*. No obstante, parece que los chimpancés y otros primates reconocen el efecto que sus llamadas tienen sobre la conducta: *grito de cierta manera, y todos mis compañeros suben corriendo a los árboles*. Esto

de ningún modo niega el hecho de que se transmite información; es sólo que tal vez no ha sido la intención del emisor de la llamada. Entonces, ¿qué significa todo esto en relación con nuestra cita? Pues que la comunicación vocal, desde el punto de vista de los chimpancés, puede significar simplemente que «sólo pienso en mí», lo cual, pensándolo bien, no es tan distinto de lo que pasa en muchas citas con parejas humanas.

Se ha observado a chimpancés en libertad comunicándose con una combinación de miradas, expresiones faciales, posturas, gesticulaciones, caricias y vocalizaciones, del mismo modo que *Kanzi* usa una combinación de lexigramas y gesticulaciones. Todos estos modos de comunicación plantean interesantes cuestiones sobre los orígenes del lenguaje, que todavía siguen sin resolver. ¿Ha evolucionado el lenguaje a partir de las gesticulaciones con las manos, como reza la teoría defendida por Michael Corballis,[46] o de una combinación de gesticulaciones de manos y movimientos faciales, como afirman Giacomo Rizzolatti y Michael Arbib?[47] ¿Ha evolucionado únicamente a partir de la vocalización? ¿O la correcta es la teoría del «big bang» del lenguaje humano de Noam Chomsky?

En los seres humanos, el centro del habla está en el hemisferio izquierdo. El hemisferio izquierdo controla los movimientos motores del lado derecho del cuerpo. Los chimpancés muestran un uso preferencial de la mano derecha en la comunicación gestual, en especial cuando se acompaña con una vocalización;[48] además se ha descubierto que los babuinos en cautividad gesticulan sobre todo con la mano derecha.[49] Hay muchos estudios interesantes con seres humanos según los cuales los gestos de las manos están conectados con el lenguaje. En un estudio con doce hablantes ciegos de nacimiento se descubrió que, mientras hablaban, gesticulaban al mismo ritmo que un grupo de videntes, empleando el mismo abanico de formas gestuales. Los invidentes gesticulan al hablar incluso cuando conversan con otro invidente, lo cual da a entender un estrecho vínculo entre la gesticulación y el hecho de hablar.[50] Las personas sordas de nacimiento, cuando viven en comunidades aisladas, desarrollan su propio lenguaje de gesticulaciones manuales plenamente comunicativo, con su propia sintaxis.[51]

Helen J. Neville y sus colegas, de la Universidad de Oregón, han confirmado, mediante estudios con imágenes por Resonancia Magnética Funcional (RMF), que tanto el área de Broca como el área de Wernicke, que son las dos principales áreas mediadoras del lenguaje en el hemisferio izquierdo del cerebro, se activan cuando oímos hablar a alguien, y se activan también en personas sordas cuando éstas observan frases articuladas en un lenguaje de signos que comprenden. Sin embargo, estas regiones no se activan en sujetos sordos

cuando leen.[52] Asimismo, se ha observado que lesiones anteriores cercanas al área de Broca producen déficit en la producción de los signos, mientras que lesiones más posteriores originan un déficit en la comprensión de los signos. Neville también ha descubierto que hay más actividad en el hemisferio derecho de los sujetos sordos que en el de los oyentes. Esto podría deberse al aspecto espacial del lenguaje de signos, una función en la que predomina el hemisferio derecho. Ocurre algo semejante en el cerebro de los chimpancés cuando gesticulan.

Vayamos ahora a Italia, país famoso por las gesticulaciones que hacen sus habitantes con las manos. En 1996, Giacomo Rizzolatti, Leonardo Fogassi y Vittorio Gallese, de la bella ciudad de Parma, descubrieron las neuronas espejo en el área premotora (área F5) del cerebro de los monos. Estas neuronas disparan* cuando un mono realiza una acción en la que su mano o su boca interaccionan con un objeto. También disparan cuando el mono simplemente ve a otro mono (o a un experimentador humano) realizar el mismo tipo de acción; de ahí el nombre de neuronas espejo. Más adelante también se observaron en otra parte del cerebro del mono, el lóbulo parietal inferior.[53] Por lo general, se acepta que la región F5 del cerebro del mono comparte la misma antecesora que el área de Broca del cerebro humano.[47] En los seres humanos, el área de Broca se considera el área del habla y, como hemos visto antes, de la producción de signos; en los monos, la parte dorsal de F5 está relacionada con los movimientos de la mano,[54, 55] y la parte ventral con el movimiento de la boca y la laringe.[56, 57] Rizzolatti y Michael Arbib, director del Proyecto Cerebro de la Universidad Southern California, sugieren que el sistema de neuronas espejo fue fundamental para el desarrollo del habla, y antes del habla de otras formas de comunicación intencional,[47] como expresiones faciales y gestos de las manos. ¿Tenemos estas neuronas espejo los seres humanos? Hay muchos datos que así lo evidencian.[58] En los seres humanos, las áreas corticales activas durante la observación de acciones se corresponden con las de los monos. Por lo tanto, parece haber un mecanismo fundamental para el reconocimiento de acciones común a simios y seres humanos.

Su propuesta sobre el desarrollo del lenguaje es la siguiente: los individuos reconocen acciones hechas por otros porque el patrón de disparo de sus neuronas cuando observan una acción es similar al patrón producido al generar dicha acción. Entonces, los circuitos del habla en los seres humanos quizá se desarrollaron porque la estructura precursora que más tarde se convirtió en

* «Disparar» corresponde al inglés *fire. (N. del t.)*

el área de Broca tenía un mecanismo para reconocer las acciones de los demás, y debía de tener esta capacidad antes de que el lenguaje pudiese evolucionar.

¿Cómo? Rizzolatti y sus camaradas saben que con esta hipótesis están pisando terreno pantanoso, pero veamos adónde nos lleva, porque es así como se hace neurociencia. Uno descubre algo interesante en las células e intenta conectarlo directamente con la conducta. Propone una hipótesis que o bien es acribillada, o bien no. Como pasa en muchos campos científicos, la neurociencia no es apta para los emocionalmente sensibles y los que tienen la piel demasiado fina.

Como ya hemos visto en los monos vervet, media un abismo entre el reconocimiento de acciones y el envío de mensajes con intención comunicativa. ¿Cómo se desarrolló esta intención en los seres humanos? Normalmente, cuando un individuo está observando una acción o preparándose para ejecutar una acción, las áreas premotoras se hallan en estado de alerta. Hay un sistema de inhibición que impide a los observadores de una acción emitir una conducta motora que la imite.[47] De lo contrario, estaríamos todo el rato jugando a seguir al rey. Sin embargo, en ocasiones, si la acción observada es particularmente interesante, puede haber un breve lapso de inhibición y una respuesta involuntaria por parte del observador. Entonces se pone en marcha un proceso de doble dirección: el individuo que realiza la acción (el actor) reconoce una respuesta en el observador, y el observador ve que su respuesta ha provocado una reacción en el actor. Si el observador controla su sistema de neuronas espejo, puede enviar una señal voluntaria y empezar así una especie de diálogo rudimentario. El control voluntario de las neuronas espejo es el fundamento necesario para el principio del lenguaje. La capacidad de advertir que uno ha hecho una señal y la capacidad de reconocer que esta señal ha causado una reacción no surgieron necesariamente al mismo tiempo. Cada una de estas capacidades habría tenido una gran ventaja adaptativa y por ello habría sido seleccionada.

¿De qué acción estamos hablando? ¿Fue facial o gestual? Recordemos que tanto en F5 como en el área de Broca se hallan las estructuras neurales que controlan ambos tipos de acciones. En su hipótesis sobre la secuencia de acontecimientos que dieron lugar al habla, Rizzolatti y Arbib suponen que los primeros gestos de individuo a individuo fueron orofaciales. Jane Goodall afirma que las interacciones amistosas pueden ir acompañadas de largas tandas de contacto visual, y a continuación describe una expresión facial de entre muchas: «Hay una expresión facial que, más que cualquier otra, tiene, como signo, un valor espectacular: enseñar los dientes con las mandíbulas cerradas.

Cuando esta expresión aparece de repente, es como si una terrible herida de dientes blancos y encías rosa brillante cruzase el rostro entero. Con frecuencia se exhibe en silencio, como respuesta a un estímulo espantoso e inesperado. Si un individuo se vuelve hacia sus compañeros con el rostro transfigurado por esta horrible mueca, suele evocar una respuesta de miedo instantánea en los que la ven».[59]

Monos, simios y seres humanos siguen usando gestos orofaciales como principal manera natural de comunicarse. Los seres humanos todavía chasquean los labios y la lengua, como los monos; en el caso humano también para formar sílabas al hablar. ¿Fue la vocalización el paso siguiente? Rizzolatti y Arbib creen que no. ¿Recuerda el lector cuando hablamos de la vocalización de los monos y los simios como un sistema cerrado? (Ver las págs. 73-75.) Un sistema manual habría proporcionado mayor información. En un sistema vocal anatómicamente limitado, el único modo de intensificar una vocalización emocional de «grito grito grito» que diga a los interlocutores que deben tener miedo es hacerla más sonora: «Ten más miedo». Sin embargo, un sistema de gesticulación manual podría añadir información: «grito grito grito» dice que hay que tener miedo, y entonces un gesto indicaría que se trata de una serpiente, que es grande y dónde está. Este tipo de conducta ha sido observada, hasta cierto punto, en chimpancés en Costa de Marfil: cuando están desplazándose o se encuentran con un grupo vecino, los chimpancés combinan un aullido con palmadas.[60]

Una vez que ha ocurrido esto, un objeto o acontecimiento descrito con un gesto podría asociarse a una vocalización que ya no es un grito sino un breve *oooh* o *aaah*. Si un mismo sonido se hubiera usado siempre con el mismo significado, podría haber surgido un vocabulario rudimentario. Para que esta nueva vocalización se transformase en habla, tendría que ser controlada hábilmente por algo más que los antiguos centros vocales emocionales. El precursor semejante a F5 —que ya incluía neuronas espejo, un control de los movimientos orales y de la laringe, y un vínculo con la corteza motora primaria— podría haberse convertido en el área de Broca. Debido a que un sistema de comunicación efectivo proporciona una ventaja en términos de supervivencia, la selección natural habría creado la presión evolutiva para formar sonidos más complejos y la anatomía para producirlos. Los gestos manuales habrían ido perdiendo su importancia (excepto para los italianos) hasta convertirse en un accesorio del lenguaje, si bien con capacidad funcional en caso de necesidad, como en el lenguaje de signos.

Consideremos el siguiente fragmento del libro *Los italianos*, de Luigi Barzini:

Con bastante frecuencia, un simple gesto, acompañado por las expresiones faciales adecuadas, ocupa el lugar no de unas pocas palabras, sino de todo un largo y elocuente discurso. Por ejemplo, imaginemos a dos caballeros sentados a la mesa de un café. El primero está explicando, extendiéndose mucho...: «Europa, este continente nuestro, Europa, la vieja y decrépita Europa, dividida por entero en diferentes naciones, cada nación subdividida en provincias, cada nación y cada provincia viviendo su propia pequeña y mezquina vida, hablando su dialecto incomprensible, alimentando sus ideas, sus prejuicios, sus defectos, sus odios... Cada uno de nosotros complaciéndose en el recuerdo de las derrotas infligidas a nuestros vecinos, pasando completamente por alto las derrotas que nuestros vecinos nos infligieron a nosotros. Qué fácil sería la vida si nos fusionáramos en una única nación europea, la cristiandad de los antiguos, el sueño de Carlomagno, de Metternich, de tantos grandes hombres y, ¿por qué no?, también de Hitler».

El segundo caballero está escuchando con paciencia, mirando fijamente al primero a la cara. En un momento dado, como si estuviese abrumado por la abundancia de argumentos de su amigo, o por la facilidad de su optimismo, levanta con lentitud una mano de la mesa, perpendicularmente, en línea recta, por encima de su cabeza, hasta que el brazo ya no da más de sí. Simultáneamente, profiere un único sonido, un prolongado «eeeeh», como un suspiro. Sus ojos no dejan en ningún momento de mirar a la cara al otro hombre. Su expresión es plácida, ligeramente cansada, vagamente incrédula. La mímica significa: «Qué precipitadas son tus conclusiones, amigo mío, qué enrevesado es tu razonamiento y qué poco razonables son tus esperanzas, pues todos sabemos que este mundo siempre ha sido el mismo, y que todas las soluciones brillantes a nuestros problemas han provocado a su vez otros problemas distintos, problemas más graves y terribles que aquellos a los que estábamos acostumbrados».[61]

## LA SENSACIÓN Y EL CEREBRO

Volvamos a nuestra cita. Hasta ahora hemos descubierto que ella puede hacer algunos planes y comunicarse un poco, pero carece de habla y de las facultades lingüísticas que nosotros utilizamos, probablemente también de pensamiento abstracto, y lo único que va a comunicarnos son principalmente sus propias necesidades. ¿Y qué hay de la sensación y los sentimientos? ¿Y las emociones?

La investigación sobre las emociones ha sido desatendida durante un largo periodo, hasta hace muy poco. El inteligentísimo Joseph LeDoux, antiguo alumno mío hoy en la Universidad de Nueva York, afirma que esto ha sucedido por un par de razones. Desde la década de los cincuenta del siglo XX, se pensaba que el sistema límbico (que incluye muchas estructuras cere-

brales) era el responsable de la creación de las emociones, pero últimamente el surgimiento de la ciencia cognitiva ha absorbido la atención de los investigadores. A pesar de que, en su opinión, el concepto de sistema límbico no explica adecuadamente los circuitos cerebrales específicos relacionados con la emoción, LeDoux admite que las emociones tienen que ver con circuitos relativamente primitivos que se han conservado a lo largo de la evolución de los mamíferos.[62]

La investigación sobre las emociones también se ha visto afectada por el problema de la subjetividad, pues los científicos cognitivos han sido capaces de demostrar cómo el cerebro procesa estímulos externos (el dolor, por ejemplo), sin tener que demostrar cómo surgen las experiencias perceptivas conscientes. Se ha descubierto que la mayoría de los procesos cognitivos ocurren de forma subconsciente, y sólo el producto final llega a la mente consciente, si acaso lo hace. LeDoux añade que «contrariamente a la creencia popular, las sensaciones conscientes no hacen falta para producir respuestas emocionales que, al igual que los procesos cognitivos, son procesadas por mecanismos inconscientes». En la medida en que muchos de los sistemas que funcionan de modo inconsciente en el cerebro humano funcionan de modo semejante en el cerebro de otros animales, hay una coincidencia considerable entre las especies en los aspectos inconscientes del yo.[63]

Una de las emociones mejor estudiadas es el miedo. ¿Qué ocurre cuando oímos el cascabel de una serpiente o percibimos un movimiento escurridizo en la hierba? Las aferencias sensoriales se dirigen al tálamo, una especie de estación de repetición. Entonces, los impulsos se integran con otros procesos mentales superiores y se incorporan al flujo de la conciencia; es en este momento cuando la persona se vuelve consciente de la información (¡hay una cascabel!), tiene que decidirse a actuar (una serpiente de cascabel es venenosa, no quiero que me muerda, debo retroceder) e inicia la acción (¡pies para qué os quiero!). Todo esto lleva un tiempo, puede tardar uno o dos segundos. Pero hay un atajo que resulta obviamente ventajoso: es a través de la amígdala, que está situada bajo el tálamo y toma nota de todo lo que fluye a través de él. Si reconoce un patrón asociado con peligro en el pasado, establece una conexión directa con el tronco del encéfalo, que activa entonces la respuesta de ataque-o-huida y enciende la alarma. La persona salta hacia atrás antes de saber por qué lo ha hecho. Esto resulta más evidente cuando saltamos hacia atrás y luego nos damos cuenta de que no se trataba de una serpiente. Este circuito más rápido, la vieja respuesta de ataque-o-huida, está presente en otros mamíferos. No se sabe muy bien hasta qué punto compartimos circuitos para otras emociones; en cualquier caso, la cuestión es hoy otro objeto recurrente de investigación.

No sólo parece que compartimos al menos algunas de las mismas emociones inconscientes con el chimpancé de nuestra cita; ciertos estudios empíricos realizados en entornos naturales están poniendo de manifiesto que, emocionalmente, tal vez seamos más simiescos de lo que imaginamos. Salgamos al exterior.

## En los bosques tropicales

Hasta el 7 de enero de 1974, los científicos abordaban la considerable violencia humana como algo exclusivo de nuestra especie. Entonces, en el Parque Nacional de Gombe, en Tanzania, Hillali Matama, el asistente de campo más antiguo del Centro de Investigación de Jane Goodall en Gombe, observó por primera vez a una partida asesina de chimpancés que se introducían furtivamente en el territorio de otro grupo de chimpancés y mataba a un macho solitario que estaba comiendo tranquilamente, y el subsiguiente exterminio sistemático del resto de los machos de ese grupo rival durante los tres años siguientes. ¿Y las hembras? Dos de las hembras más jóvenes pasaron al grupo agresor; una de ellas vio cómo sus nuevos compañeros mataban a su madre a golpes y otras cuatro desaparecieron. Lo más chocante era que estos grupos habían formado parte, originariamente, de una sola comunidad. Después otros observadores registraron más incidentes semejantes en otras áreas. El equipo de Toshisada Nishida, en el Parque Nacional de las montañas de Mahale de Tanzania (el otro programa de investigación de veinte años de duración además del de Goodall), ha presenciado cargas violentas contra forasteros por parte de patrullas fronterizas y furiosos combates entre partidas de machos de comunidades vecinas.

Desde estas primeras observaciones, dos comunidades de chimpancés enteras han sido exterminadas por miembros de su misma especie. Otros observadores de primates no humanos han sido testigos del asesinato de crías por parte de gorilas macho y miembros de otras especies de monos, y violaciones de hembras por parte de chimpancés y orangutanes macho. Mientras se registraban más observaciones de campo, hemos aprendido que, aunque el infanticidio es una conducta típica de muchas especies dentro de cada grupo de animales —aves, peces, roedores y primates, y practicado por machos, hembras y otras crías dependiendo de la especie—, matar individuos adultos no lo es.

Richard Wrangham, profesor de antropología biológica de Harvard, cree que podemos localizar los orígenes de la violencia humana, en particular de la violencia masculina, en nuestros antepasados simios, más concretamente en nuestro antepasado común con los chimpancés. En su obra *Demonic Males*

(*Machos demoníacos*), Wrangham presenta un argumento muy persuasivo.[64] Afirma que el conjunto de datos más convincentes que apuntan a esta conclusión concierne a las semejanzas entre nuestras dos sociedades. «Hay muy pocos animales que vivan en comunidades patrilineales, dirigidas por machos, en las que las hembras reducen rutinariamente los riesgos de endogamia trasladándose a grupos vecinos para aparearse. Y sólo hay dos especies animales conocidas por su sistema de intensa agresión territorial, iniciada por los machos, que incluye razias asesinas en el territorio de comunidades próximas, en busca de enemigos vulnerables a los que atacar y matar. De entre los cuatro mil mamíferos y los diez millones o más de otras especies animales, esta serie de conductas se conoce sólo en los chimpancés y los seres humanos».*

Wrangham relata que los estudios observacionales han puesto de manifiesto que los chimpancés son patriarcales. Los machos son dominantes, heredan el territorio, atacan y matan a sus vecinos, y consiguen así su botín (no sólo un mayor territorio en el que aprovisionarse, sino también a las hembras de grupos vecinos), pero son asesinados igualmente si pierden su territorio. Las hembras, sin embargo, obtienen una ventaja de otro tipo. Pueden permanecer en su zona y continuar alimentándose allí, simplemente uniéndose al grupo de conquistadores. Siguen vivas para volver a reproducirse, mientras que el macho es asesinado. Bien, entonces los chimpancés son patrilineales. ¿Y qué hay de los seres humanos?

Wrangham examina los registros etnográficos, los estudios de pueblos primitivos de la actualidad y los hallazgos arqueológicos que demuestran que los seres humanos son, y siempre han sido, una sociedad patrilineal, pese a lo que afirman algunas organizaciones feministas. (Resulta interesante observar que, mientras tecleo esto con mi procesador de textos Microsoft Word, la palabra «patrilineal» aparece subrayada como incorrecta por el corrector ortográfico, y la corrección sugerida es la palabra «matrilineal», que nunca aparece subrayada como incorrecta.) Se ha argumentado que este patriarcado es una invención cultural, pero existe un nuevo campo de estudio, denominado feminismo evolutivo, que considera el patriarcado una parte de la biología humana.

¿Y las razias asesinas? Según Wrangham, existe la posibilidad de que la agresión intergrupal tenga un origen común porque es inusual en otras especies animales. Pese a que la agresión humana es harto conocida en el mundo moderno, Wrangham detecta patrones de violencia similares a la violencia de los chimpancés también en culturas primitivas actuales. Un ejemplo son los

* *Demonic Males*, pág. 24.

yanomami, un grupo cultural aislado de veinte mil individuos que habitan en las tierras bajas de la cuenca del Amazonas y que son famosos por su intensa actividad guerrera. Cada grupo está constituido por cerca de noventa miembros, que practican la agricultura de subsistencia y disponen de comida abundante. Los hombres permanecen en el poblado en el que han nacido, mientras que las mujeres cambian de comunidad al casarse. Los yanomami no luchan por los recursos sino, en la mayoría de las ocasiones, por las mujeres. El 30 % de los varones yanomami fallecen de muerte violenta. Sin embargo, los participantes en las incursiones guerreras son recompensados. Son honrados por su sociedad y tienen dos veces y media más mujeres que el resto de los hombres, y tres veces más hijos. Entre los yanomami, las razias asesinas proporcionan éxito genético a sus participantes.

«Las condiciones que hacen que la sociedad yanomami sea similar a la de los chimpancés son su independencia política y el hecho de que tienen pocos bienes materiales y carecen de oro, objetos valiosos o reservas de comida por los que luchar. En este mundo tan austero, desaparecen algunos de los patrones más familiares de la guerra humana. No hay batallas campales, alianzas militares, estrategias basadas en un botín ni pillaje de bienes almacenados. Lo único que permanece son las expediciones en busca de una oportunidad de atacar, matar a un miembro de un grupo vecino y luego escapar»* En el Parque Nacional de Gombe, el 30 % de los chimpancés macho mueren por agresión, el mismo porcentaje que en los poblados yanomami. La tasa de mortalidad por agresión es similar en otras tribus primitivas: en los habitantes de las tierras altas de Nueva Guinea y Australia o entre los !kung del desierto de Kalahari. Como observa Wrangham, sometidas a un escrutinio riguroso las sociedades de cazadores-recolectores no presentarían índices inferiores.

Un puñado de sociedades se las ha arreglado para evitar la guerra abierta durante periodos prolongados. Suiza es el mejor ejemplo moderno de ello. Sin embargo, para salvaguardar su paz, como escribe John McPhee en *La place de la concorde suisse*, «apenas hay un solo rincón en Suiza que no esté dispuesto a levantarse en armas para repeler una guerra de invasión». Los suizos mantienen el ejército por cápita más numeroso del mundo, imponen el servicio militar obligatorio, entierran minas activas en puentes y pasos estratégicos, y conservan profundas cuevas excavadas en las montañas, repletas de medicamentos, comida, agua y suministros suficientes para mantener al ejército entero y algunos civiles durante un año o más. También están aislados por los Alpes.[65]

* *Demonic Males*, págs. 68-71.

De modo que los seres humanos y los chimpancés son patrilineales, y tanto los chimpancés como los seres humanos tienen un pasado de razias asesinas. Y también es bien sabido que los varones humanos son más violentos que las mujeres. Las estadísticas de crímenes violentos en todo el mundo reflejan este hecho. Así que, una vez que estamos de acuerdo en las semejanzas, veamos la razón por la que ocurrió esto según Wrangham. En esencia, todo se reduce a la versión ecológica de la economía, cierta disciplina llamada teoría de los *costes del agrupamiento*, que básicamente afirma que el tamaño de un grupo depende de sus recursos. En un entorno en el que la comida escasea por temporadas o es irregular, el tamaño del grupo variará en función de ello: más comida, grupos mayores; menos comida, grupos más pequeños. La fuente de alimento es lo que determina si el grupo tiene que emigrar o lo lejos que debe hacerlo. Para algunas especies, la fuente de alimento es abundante y estable, y por consiguiente sus grupos tienden a estabilizarse (como los gorilas, que se pasan el día sentados comiendo hojas). Sin embargo, algunas especies han evolucionado para comer alimentos de alta calidad, difíciles de encontrar y que no siempre están disponibles, como nueces, frutas, raíces y carne. En esto somos como los chimpancés.

Los bonobos, por otra parte, son distintos. Comen lo mismo que los chimpancés pero también las abundantes hojas que ingieren los gorilas sin tener que competir con ellos. No se ven obligados a ir muy lejos para conseguir comida; tienen una vida fácil. El tipo de comida que tomamos nosotros y los chimpancés ha hecho que los machos sean más dominantes. Desplazarse para encontrar comida significa dejar atrás a las hembras, que acarrean consigo las crías y cuidan de ellas. Los machos y las hembras sin hijos pueden ir más lejos y más rápido para conseguir la tajada de comida primero, y vagar por ahí juntos después. Pueden permitirse formar grupos mayores. La ventaja de trasladarse para conseguir comida con un tamaño grupal variable proporciona a una especie flexibilidad y capacidad de adaptarse a entornos cambiantes, si bien la desventaja es que, cuando el grupo se reduce, se vuelve vulnerable a ataques por parte de un grupo temporalmente mayor. Esto es lo que Wrangham llama especies pandilleras, especies que establecen relaciones de coalición (machos deambulando juntos) y cuyo tamaño grupal es variable.

Lo que posibilita que estas especies practiquen el asesinato, al igual que otras especies se complacen en el infanticidio, es de nuevo de naturaleza económica. Matar sale barato. La relación coste-beneficio es ventajosa. Al matar a una cría, no hay auténtico riesgo de salir herido, de modo que el coste es menor. Se consigue o bien una fuente de comida, o bien un aumento de las oportunidades de aparearse con la hembra, puesto que cuando su cría está muerta,

deja de producir leche y vuelve a ovular. Al formar parte de una pandilla que se enfrenta a un vecino más débil, el riesgo de salir herido es también menor. ¿Cuáles son las ganancias? Debilitar a los vecinos, que siempre resulta ventajoso para el futuro, expandir la fuente de alimento y, de nuevo, aparearse.

Pero ¿por qué son tan agresivos los machos? ¿Es la agresividad masculina el producto de la selección sexual? Aunque carecen de los grandes dientes caninos, todos los simios pueden luchar con los puños. Adaptada para colgarse de los árboles, la articulación del hombro permite rotar el brazo, y los largos brazos de un simio y el puño cerrado permiten soltar un puñetazo que mantiene a raya a los oponentes. Las manos también pueden sujetar armas: es bien sabido que los chimpancés lanzan piedras y ramas. En la pubertad, tanto los varones humanos como los chimpancés macho desarrollan una mayor anchura de hombros y musculatura de la parte superior del cuerpo, en tanto que los músculos y cartílagos de los hombros responden a un aumento en los niveles de testosterona. Pero aunque exista capacidad física para la agresividad, no todos los animales fuertes son agresivos.

¿Qué ocurre en lo que respecta al cerebro? Podemos comprender la idea de que los animales son incapaces de controlar sus emociones o impulsos, pero ¿verdad que los seres humanos pueden controlar sus instintos agresivos mediante el frío razonamiento? En realidad, la cuestión no es tan simple. Antonio Damasio, director del departamento de neurología de la Universidad Southern California, ha estudiado a un grupo de pacientes con daños en una zona concreta de la parte ventromedial de la corteza prefrontal.* Todos carecen de iniciativa y no pueden tomar decisiones, aparte de que no tienen emociones. Un paciente al que Damasio estudió a fondo obtuvo una puntuación dentro de la normalidad en las pruebas de inteligencia, sensibilidad social y sentido moral, y podía imaginar soluciones adecuadas a problemas hipotéticos y prever sus consecuencias, pero jamás fue capaz de tomar una decisión. Damasio concluyó que este paciente y otros similares no podían decidir porque eran incapaces de atribuir un valor emocional a una opción: la mera razón no bastaba para tomar la decisión. La razón elaboraba la lista de opciones, pero era la emoción la que

* Tiéndase el lector con los brazos en los costados y las palmas hacia arriba. La parte del cuerpo donde está el estómago es conocida como la parte ventral. La parte donde está la espalda es la parte dorsal. Si relaja la cabeza y la deja reposar en el suelo, entenderá por qué la parte superior del cerebro se considera una prolongación de la superficie dorsal, y la parte inferior, que queda en el interior de la cabeza, equivale a la superficie ventral. Por tanto, la corteza prefrontal ventromedial está situada donde dice su nombre: en el medio de la parte inferior del cerebro, enfrente de los lóbulos frontales.

elegía.[66] Hablaremos de ello en capítulos posteriores. Lo que hay que retener por ahora es que, aunque a los seres humanos nos gusta considerarnos capaces de tomar decisiones libres de influencia emocional, las emociones desempeñan un papel en todas nuestras decisiones.

Wrangham llega a la conclusión de que, si la emoción es la autoridad suprema con respecto a una acción, la emoción que subyace a la agresión es, tanto en los chimpancés como en el hombre, el orgullo. Afirma que los chimpancés macho, en sus años de plenitud, organizan su vida en torno a su rango. Todas las decisiones se toman guiadas por él, incluyendo a qué hora levantarse por la mañana, con quién desplazarse, a quién despiojar y con quién compartir comida. Todas las decisiones tienen como objetivo convertirse en el macho alfa. La causa de la agresión es la dificultad de alcanzar esta posición. Con los seres humanos ocurre en buena parte lo mismo. Wrangham cita a Samuel Johnson, que en el siglo XVIII observó que «no hay dos personas que puedan permanecer juntas durante media hora sin que una adquiera una superioridad manifiesta sobre la otra». Lo mismo que pasa en la actualidad: los hombres alardean de su estatus con relojes, coches, casas, mujeres y clubes elitistas caros.

Wrangham plantea como hipótesis que el orgullo «evolucionó durante incontables generaciones en las que los varones que alcanzaban un estatus alto podían traducir su éxito social en un mayor índice reproductor».* Es un legado de la selección sexual. En su libro *The Red Queen* (*La reina roja*), Matt Ridley concluye así su capítulo sobre la naturaleza de las mujeres: «No ha habido ningún cambio genético desde que éramos cazadores-recolectores y, en el fondo, en la mente del hombre moderno no hay más que la simple regla del cazador-recolector: esfuérzate por conseguir poder y úsalo para atraer mujeres que conciban herederos; esfuérzate por conseguir riqueza y úsala para comprar a las mujeres de otros hombres que conciban bastardos. Empezó con un hombre que compartió un suculento pescado o una porción de rica miel con la atractiva mujer de un vecino a cambio de un breve amorío, y continúa con una estrella del pop introduciendo a una modelo en su Mercedes».[67]

Por consiguiente, los hombres y los chimpancés están físicamente preparados para la agresión física, y emocionalmente motivados para alcanzar un estatus elevado, aunque también lo están los solitarios orangutanes, mientras que los seres humanos y los chimpancés son seres sociales. El orgullo también explica la agresión social. Cualquier grupo —sea un equipo deportivo, una reli-

* *Demonic Males*, pág. 191.

gión, un sexo, una empresa o un país— puede tener seguidores devotos, pero ¿por qué? ¿Es el resultado de una deliberación racional, o la respuesta innata del viejo cerebro de un simio?

Los psicólogos sociales han demostrado que la lealtad y la hostilidad grupales emergen con previsible facilidad. El proceso empieza con la clasificación de los grupos en Nosotros y Ellos. Se trata del llamado «sesgo endogrupo-exogrupo» y es universal e imposible de erradicar: canadienses francófonos contra canadienses angloparlantes, policía contra FBI, los seguidores de Estudiantes contra el resto del mundo, fans de los Beatles contra fans de los Rolling Stones... Es lo que cabe esperar de una especie con una larga historia de agresión intergrupal. Darwin escribió: «Una tribu que incluya a muchos miembros que, poseyendo en un alto grado un espíritu de patriotismo, fidelidad, obediencia, coraje y simpatía, estén siempre dispuestos a ayudarse unos a otros y a sacrificarse por el bien común, saldría victoriosa frente a la mayoría de las otras tribus, y esto sería selección natural».* Lo escribió para demostrar que la moral podía haber surgido a partir de la selección natural para la solidaridad. Wrangham también sugiere que, en la historia evolutiva, la moral basada en la lealtad intragrupal funcionó, porque hizo que la agresividad de los grupos fuera más eficaz.

## CONCLUSIÓN

A veces examinar el árbol genealógico no resulta demasiado bonito, pero puede explicar muchas conductas aparentemente misteriosas. Muchos matrimonios han fracasado porque ninguno de los cónyuges conocía a la familia de su futura pareja. En el caso de nuestra cita con el chimpancé, tenemos un antepasado común; las familias han divergido en muchos aspectos, pero siguen compartiendo muchas características, como ha señalado Richard Wrangham. Hemos visto que la anatomía de nuestro cuerpo ha experimentado cambios significativos y ha sido la base de cambios que han originado muchas de nuestras características únicas. El bipedismo permitió liberar las manos y cambió patrones respiratorios. Nuestros pulgares oponibles han hecho posible que desarrolláramos una coordinación motora más fina que la de cualquier otra especie. Nuestra laringe única nos permite emitir la infinita cantidad de sonidos que usamos en el habla. Nuestro sistema de neuronas espejo está mucho más

* Citado en *Demonic Males*, pág. 196.

desarrollado que los descubiertos en otras especies; y veremos que esto tiene muchas más ramificaciones además del lenguaje. En nuestro cerebro han tenido lugar otros cambios, que nos permiten comprender, en muchísima mayor medida que a nuestros parientes los chimpancés, que los demás tienen pensamientos, creencias y deseos. Basándonos en estas diferencias, pasaremos al siguiente capítulo y veremos adónde nos lleva todo esto. Pienso que pasar un día con *Kanzi* sería muy interesante, pero, a largo plazo, prefiero más cultura. Que mi cita sea con una *Homo sapiens*, por favor.

# SEGUNDA PARTE

## Recorriendo el mundo social

Capítulo 3
# LOS GRANDES CEREBROS Y LA EXPANSIÓN DE LAS RELACIONES SOCIALES

*Es bueno frotar y sacar brillo a nuestro cerebro con los de los demás.*

MICHEL DE MONTAIGNE

Imagínese el lector que, en plenas vacaciones, su sufrida hija se queja de dolor abdominal agudo. Sabe que si ella se queja, es que la cosa es grave. Al llegar a urgencias con su mujer e hija, el cirujano de guardia, un perfecto desconocido, les dice tras examinarla un par de minutos que hay que practicarle de inmediato una apendicectomía de emergencia. Entonces, usted recuerda que un compañero de secundaria ejerce de médico en la ciudad, lo localiza milagrosamente por teléfono, y él le asegura que su hija está en buenas manos. Todo va de maravilla y el cirujano es admitido en el círculo de sus nuevos aliados. Se restablecen antiguas alianzas, se forman otras nuevas, y tiene lugar una operación quirúrgica satisfactoria, seguida por la ruptura de esas nuevas y fugaces alianzas. Así es la mente social en acción.

Imagínese ahora que se ha apuntado a un viaje turístico organizado a un lugar más bien aventurado, un sitio al que no intentaría ir por su cuenta y riesgo. La mañana del primer día, se encuentra con su grupo y su guía. Echa un vistazo a las caras desconocidas a su alrededor y se pregunta: ¿En qué estaría yo pensando? Sin embargo, dos días más tarde, se encuentra trepando por un sendero estrecho y tortuoso, confiando en una persona que ha conocido hace sólo cuarenta y ocho horas. Más tarde se halla manteniendo una interesante conversación de sobremesa con un casi perfecto desconocido, y esa misma noche le invitan a sumarse a un pequeño grupo para salir a cenar. Al final de la semana, el grupo organizado del que forma parte se ha dividido en subgrupos, que a su vez tienen subgrupos. Las coaliciones cambian cada pocos minutos. La mente social abunda en lazos que se hacen y se deshacen, y en ella se pone de manifiesto, entre otras cosas, el fenómeno de la política humana.

Formar y cambiar grupos sociales y alianzas es lo que hacemos todo el tiempo. Ésta es la visión de conjunto. Y sin embargo muchos científicos experimentales como yo nos hemos concentrado en detalles de esa visión de conjunto. Nos hemos esforzado para determinar cuáles son las capacidades cognitivas inherentes y fundamentales que nos permiten formar categorías, manejar cantidades o integrar estímulos sensoriales fragmentarios en sensaciones totalmente percibidas. Pero no nos hemos concentrado en lo que mejor hace el cerebro humano, lo que parece haber sido diseñado para hacer: pensar socialmente.

De lo que se trata es del proceso social en su totalidad. Aunque somos muy hábiles a la hora de clasificar personas, animales y cosas, no pensamos en ellos como triángulos, cuadrados, rojos y azules. Cuando miro a una persona que pasea por la calle con un perro, no estoy pensando: «Veamos, la cabeza es un círculo, el torso es un triángulo y ¡anda!, mira eso, cuatro extremidades rectangulares, bueno, supongo que debería decir cilíndricas, y luego, bueno, tenemos diez dedos cilíndricos... ahora, en cuanto al perro...». El hecho es que hemos evolucionado con muchísimos seres humanos a nuestro alrededor y hemos desarrollado la capacidad cerebral de observar la conducta social en grandes grupos, de modo que podemos estimar el valor de la cooperación, el riesgo de la no cooperación, etcétera. Cuando nos damos cuenta de este hecho, de que somos un puñado de animales pandilleros, no ermitaños solitarios ni meros analistas de datos perceptivos, aparece de repente una nueva cuestión: si somos seres sociales, ¿cómo ocurrió?, ¿de dónde nos viene esta característica?, ¿eran sociales nuestros antepasados?, ¿cómo es posible que la selección natural se tradujera en cooperación grupal? La selección natural, ¿actúa sólo mediante la selección de rasgos cognitivos individuales? ¿O también mediante la selección de conductas grupales?

Este problema fundamental llamó poderosamente la atención a Charles Darwin, que, cuando estaba proponiendo la idea de la supervivencia de los más aptos, era muy consciente del hecho, en apariencia paradójico, de que muchas criaturas sacrifican su propia capacidad de supervivencia en favor de la del grupo. Esto ocurre constantemente en el mundo de las abejas y los pájaros, y estos fenómenos han dado lugar a la idea de que la selección debe actuar sobre grupos enteros. En realidad, tales mecanismos podrían muy bien haber ejercido el papel de piedra angular para la aparición de la conducta social y ética humana.

Todo iba bien hasta que el gran biólogo evolutivo George Williams enterró la idea de selección de grupo (durante un tiempo). En una entrevista, explicó su tesis de que «la selección natural actúa con mayor eficacia en el nivel

individual, y las adaptaciones producidas resultan adaptativas para los individuos en su competencia con otros de la misma población, más que para ningún tipo de bienestar colectivo».[1] La selección natural no es el mecanismo que hay tras los procesos y normas sociales, que tan rápidamente nacen y pasan a mejor vida. La selección individual significa también que los organismos vivos no están adaptados para evitar la extinción de su especie. Los organismos sólo pueden ingeniárselas para intentar evitar su propia extinción individual. El paradigma «adaptacionista» de Williams ha dominado la manera de pensar de la biología evolutiva durante los últimos cuarenta años.

Provisto del análisis de Williams, Richard Dawkins, biólogo evolutivo que ocupa la cátedra Charles Simonyi para la comprensión pública de la ciencia en la Universidad de Oxford, lo llevó aún más lejos y se convirtió en el portaestandarte de la idea del gen egoísta. Partiendo de la idea de que la selección natural actúa sólo sobre los genes, se puede argumentar que el altruismo y el resto de ideas que favorecen a los grupos son accesorias. Es fácil imaginar que esta forma de pensar parezca repulsiva a muchos, incluido el famoso paleontólogo y biólogo evolutivo Stephen J. Gould, quien calificaba de «fundamentalismo darwinista» la tesis central de que la selección natural sólo actúa sobre los genes.

Dawkins se basó también en el trabajo realizado por William Hamilton, quien, a principios de la década de 1960, en la London School of Economics y el University College London, había establecido una concepción darwinista del altruismo. Hamilton trabajó en la selección de parentesco, y era capaz de demostrar mediante una simple fórmula matemática ($C < R \times B$, en la que $C$ es el coste para el actor, $R$ es la relación genética entre el actor y el receptor, y $B$ es el beneficio para el receptor) que nuestra preferencia humana por el altruismo tiene una explicación basada en modelos de genes compartidos.[2] Esto implicaba una moderada restricción a las conductas egoístas y competitivas y la posibilidad de autosacrificios limitados. Desde el punto de vista genético, tiene sentido ayudar a un pariente si es lo bastante cercano. Dawkins añade la sugerencia de que semejante conducta es el fundamento de una evolución social basada en principios biológicos generales. En resumen, Hamilton proporcionó tanto a Darwin como a los defensores del gen egoísta una manera unificada de comprender el problema del altruismo. Había desentrañado el modo en que la adaptación al entorno actuaba sobre otros individuos aparte del actor. Esto es lo que actualmente se conoce por principio de Hamilton, genial por otra parte.

No obstante, no todo el mundo está contento con la negación del papel de la selección de grupo como actor en la evolución. Pese a que Dawkins, Wi-

lliams y otros críticos de la selección de grupo admiten que, en principio, la selección natural puede actuar sobre grupos, su perspectiva es que las presiones selectivas en el ámbito individual son siempre más fuertes que las que actúan a escala grupal. No todos los biólogos evolutivos están de acuerdo en ello. David Sloan Wilson y Edward O. Wilson, en una reseña de la historia del ascenso y caída de la teoría de la selección de grupo, concluían que los últimos cuarenta años de investigación han proporcionado nuevas pruebas empíricas que respaldan la teoría de la selección de grupo y su verosimilitud teórica como fuerza evolutiva. «El problema es que para que un grupo social funcione como unidad adaptativa, sus miembros deben hacer cosas los unos por los otros. Sin embargo, estas conductas ventajosas para el grupo rara vez maximizan la adaptación relativa en el interior del grupo social. La solución, según Darwin, es que la selección natural tiene lugar en más de un nivel de la jerarquía biológica. Los individuos egoístas tal vez aventajen a los altruistas en el interior de los grupos, pero los grupos internamente altruistas aventajan a los grupos egoístas. Ésta es la lógica esencial de lo que hoy se conoce como teoría de la selección multinivel.»[3] David Sloan Wilson sugiere que la selección de grupo no es sólo una fuerza evolutiva *importante* sino que a veces puede ser la fuerza evolutiva *dominante*. En una carta a *eSkeptic*,* escribe: «Resulta que la evolución tiene lugar no sólo a través de pequeñas mutaciones, sino también de grupos sociales y comunidades formadas por diversas especies, que se integran de tal modo que se convierten en organismos de nivel superior por derecho propio».**

Aunque ésta es una cuestión enormemente controvertida, podemos dejar que los biólogos evolutivos la ventilen entre ellos. Quedémonos simplemente con el hecho de que nuestra conducta social tiene orígenes biológicos.

Las profundas fuerzas biológicas que intervienen en la aparición de nuestra mente social se ponen de manifiesto cuando pensamos en cómo llegamos hasta aquí. Una posibilidad incluso más tentadora es la de que *todas estas relaciones sociales que tan intensamente nos ocupan son meros subproductos de conductas originariamente seleccionadas para evitar ser devorados por nuestros depredadores.* La selección natural nos conminó a formar parte de grupos para poder sobrevivir. Una vez en ellos, construimos nuestras relaciones sociales «significativas» y también «manipulativas», con nuestra mente interpretativa siempre tratando de arreglárselas con lo que sucedía a nuestro alrededor, que en su mayor parte

* eSkeptic es la *Newsletter* o boletín de noticias virtual de la *Skeptics Society* (Sociedad de Escépticos). *(N. del t.)*

** <www.skeptic.com/eskeptic/07-07-04>.

implicaba a nuestros semejantes humanos. El hecho de que estas relaciones sociales humanas se convirtieran en centrales para nuestra vida mental, en muchos casos incluso en la *raison d'être* de nuestra vida, es un proceso menor frente a la auténtica razón por la que nos metimos en grupos sociales. Pensamos en los demás todo el tiempo porque es así como estamos diseñados. Sin todos estos otros, sin nuestras alianzas y coaliciones, moriríamos. Esto era cierto, como veremos, con respecto a los primeros seres humanos. Sigue siéndolo para nosotros.

¿En qué pensaría el lector si fuese la única persona sobre la Tierra? ¿Tal vez en su próxima comida? Sin embargo, no pensaría en quién podría ayudarle a conseguir esa comida o con quién podría compartirla. Podría pensar en cómo evitar convertirse él mismo en comida, pero no habría nadie que le ayudase a vigilar a los depredadores.

Somos sociales hasta la médula. Es imposible obviar este hecho. Nuestro gran cerebro está ahí en primer lugar para manejar asuntos sociales, no para ver o sentir, ni para meditar sobre la segunda ley de la termodinámica. Todos podemos realizar estas acciones personales y más bien psicológicas. Podemos desarrollar complejas teorías sobre nuestra personalidad, pero podemos hacerlo como resultado de nuestro funcionamiento en el mundo social. Todo lo demás deriva de este hecho, del hecho de que, para poder sobrevivir y prosperar, tuvimos que convertirnos en seres sociales. De modo que la comprensión de cómo llegamos hasta aquí requiere un repaso a la biología evolutiva, y para comprender la biología de nuestras capacidades sociales presentes, incluidos fenómenos como el altruismo, precisamos tener en mente cómo funciona la evolución.

## EVOLUCIÓN, SELECCIÓN NATURAL Y LA PRESIÓN HACIA LA CONDUCTA SOCIAL

Tanto Charles Darwin como Alfred Wallace* observaron que, a pesar de que las especies tenían un gran potencial para la reproducción y las poblaciones deberían multiplicarse exponencialmente, no lo hacían. A excepción de fluctuaciones ocasionales, las poblaciones se mantenían estables. Después de todo, en un entorno estable los recursos son limitados y se mantienen cons-

* Wallace era el principal experto del siglo XIX en la distribución geográfica de las especies animales. Llegó a una teoría de la selección natural de manera independiente.

tantes.* Así pues, nacen más individuos de los que los recursos permiten, lo que genera una competencia por esos recursos. Darwin y Wallace también observaron que, en el interior de cada especie, los individuos de la población difieren. No hay dos exactamente iguales, y muchos de los rasgos variables son heredados. Concluyeron que las posibilidades de supervivencia no eran azarosas, sino que variaban en función de las características hereditarias. Según las leyes de la selección natural, *para que una característica sea seleccionada en un entorno competitivo, tiene que ser ventajosa para la supervivencia del individuo*. Esta ventaja debe traducirse en un mayor número de descendientes que sobrevivan. La característica puede permitir al individuo tener más éxito a la hora de encontrar comida (y que así sea más fuerte y sano para poder reproducirse más y durante más tiempo), en aparearse (y que así se reproduzca más) o en mantener a raya a sus depredadores (y que así pueda vivir más tiempo y se reproduzca más). Estas características están codificadas en los genes del individuo y se transmiten a la siguiente generación. Por lo tanto, *los genes que codifican para cualquier conducta que aumente el éxito reproductor serán cada vez más frecuentes en la población*.

Las presiones competitivas dependen del clima, la geografía y otros animales individuales, tanto dentro de la misma especie como de especies diferentes. Los cambios en el clima y la geografía, como una erupción volcánica que también afecta al clima, pueden causar cambios en los recursos alimentarios, haciéndolos más o menos abundantes. En el seno de una especie, emerge la competición social o bien por recursos alimentarios, o bien por parejas sexuales. Las diferentes especies han evolucionado para enfrentarse a la competencia por la comida de modos distintos. Algunas comparten comida y otras no.

Una de las cuestiones que más desconcertaba a Darwin en relación con su teoría era la concerniente a la conducta altruista. No tenía sentido que un individuo compartiese, que llegase a proporcionar a otro individuo nada que redujese su propio éxito reproductor en beneficio del otro. Y sin embargo esto ocurre con frecuencia en las especies que viven en grupos. Como ya he mencionado, en 1964 William Hamilton propuso la teoría de la selección de parentesco, que explica estas conductas. La conducta altruista podía evolucionar si los individuos que se beneficiaban de ella estaban relacionados genéticamente con el pro-

* Los seres humanos nunca hemos vivido en un entorno estable. El incremento de la higiene, una mejor nutrición, la extensión de la inmunización a las enfermedades y el acceso a una atención médica moderna han reducido la tasa de mortalidad, mientras que la agricultura y la distribución de los alimentos han aumentado el suministro de comida.

veedor. Los padres se sacrificarán por sus hijos, que comparten el 50 % de su ADN; los individuos también comparten el 50 % del ADN con sus hermanos y hermanas; sus nietos y nietas y sus sobrinos y sobrinas comparten el 25 %. Ayudar a tus parientes cercanos a sobrevivir y reproducirse contribuye asimismo a transmitir tus genes a la próxima generación. Da igual cómo se transmitan los genes, sólo importa que lo hagan.

Sin embargo, la selección de parentesco no explica todos los casos de altruismo. ¿Por qué haría alguien un favor a un amigo? Esta pregunta permaneció sin respuesta hasta que Robert Trivers, profesor de antropología en la Universidad de Rutgers, la resolvió. Si un individuo hace un favor a otro con el que no tiene ninguna relación familiar y está seguro de que le será retornado en un momento posterior, esto podría proporcionar una ventaja para la supervivencia.[4] Esta tesis tiene, obviamente, varios presupuestos. Uno es que un individuo puede reconocer a otro individuo específico y tiene la capacidad de recordar que se hizo un favor. Otro presupuesto es que los dos viven lo bastante cerca para que surjan previsiblemente nuevas ocasiones para devolver el favor. También tienen que ser capaces de evaluar el coste del favor y asegurarse de que el que obtienen a cambio tiene un valor equivalente. Esto es lo que se denomina «altruismo recíproco», y es muy raro en el mundo animal.*

La dificultad surge porque hay un lapso entre el momento en que un individuo realiza un favor y el momento en que el segundo individuo lo devuelve. El lapso posibilita el engaño. Si el segundo individuo no es fiable, el primero no estará interesado en cooperar con él, y la posibilidad de un sistema cooperativo se tambalea. Las especies que practican el altruismo recíproco también cuentan con mecanismos para identificar a los tramposos,[5] de lo contrario la conducta jamás habría sobrevivido. Como consecuencia, los principios darwinistas estrictos pueden ayudarnos a explicar un fenómeno como el altruismo. Durante el fraude de la Enron, el lema era «hay que seguir el dinero». En biología, hay que seguir a los genes.

Esto nos deja con un problema ulterior: la vieja cuestión de por qué dejar propina en un restaurante al que no vamos a ir nunca más. Volveremos sobre esta cuestión más adelante, ¡y tendremos que explicarla desde la selección de grupo!

* Para una discusión, véase J. R. Stevens y M. D. Hauser, «Why be nice? Psychological constraints on the evolution of cooperation», *Trends in Cognitive Science*, nº 8, 2004, págs. 60-65.

### *Selección sexual y grupos sociales*

Algunas adaptaciones favorecen el éxito en la competición reproductora. El ejemplo clásico es la cola del pavo real. El sentido común nos diría que arrastrar por ahí una cola enorme sólo puede ser un impedimento. ¿Cómo podría tal cosa ser adaptativa? Sin embargo, cualquier ave capaz de sobrevivir con una gran cola tiene que ser sin duda un buen partido: fuerte, saludable y astuta. Esta gran cola es como los anuncios luminosos de Madison Avenue, una gran campaña publicitaria que produce dividendos en forma de más parejas. Los pájaros con la cola grande tienen más descendientes.

La cola del pavo real confiere una ventaja para la *selección sexual*, el término que designa la dinámica social implicada en la selección de pareja y la reproducción. Esta cola es conocida como un *indicador de eficacia biológica.* Cuanto mayor sea el coste de un indicador de eficacia biológica para el individuo, mayor será su fiabilidad. Para acarrear y mantener la gran cola, el pavo real necesita mucha energía. No puede falsificarla; es un indicador fiable de eficacia biológica. Un tipo con un BMW bien puede haber falsificado su indicador de eficacia biológica; quizá lo ha adquirido con una buena financiación, sin tener crédito y pagando mensualmente una cantidad módica. Sin embargo, un tipo con un Lamborghini tiene un coche de precio alto y caro de mantener, que no puede adquirirse sin un buen crédito e indica con fiabilidad sus recursos económicos. Un Lamborghini es un buen indicador de eficacia biológica; un BMW, no.

Trivers también nos ayudó a comprender que la conducta subyacente a la selección sexual gira en torno a la inversión en paternidad. Una *inversión en paternidad* es «cualquier inversión hecha por el padre o la madre de una camada que aumenta las posibilidades de supervivencia de ésta a costa de la capacidad de aquéllos de invertir en otra camada».[6] Por lo tanto, en cualquier especie, el sexo con la mayor tasa potencial de reproducción tiene que ver sobre todo con aparearse cuantas veces sea posible (para conseguir transmitir cuantos más genes sea posible a la próxima generación), y el sexo con menor potencial reproductor tiene que ver sobre todo con el cuidado parental, para asegurarse de que sobrevivan los pocos descendientes que se tienen.[7] En el 95 % de las especies de mamíferos hay una enorme diferencia entre machos y hembras en cuanto a los respectivos esfuerzos invertidos en el apareamiento y el cuidado parental.[8] Las hembras tienen poco tiempo reproductor, debido al embarazo (gestación interna) y el cuidado de los descendientes jóvenes (lactancia).[9] Y todos sabemos qué pasa con los machos. Están dispuestos a reproducirse en cualquier momento.

El sexo con mayor inversión paternal y potencial reproductor más bajo,

habitualmente el femenino, suele ser más quisquilloso en la selección de pareja.[10] Ellas tienen más que perder si toman una mala decisión (descendientes menos aptos que pueden no ser capaces de reproducirse a su vez). La elección femenina de los compañeros sexuales ha influido en la evolución física (la cola del pavo real), conductual y social de los machos. Ha intensificado la competencia por aparearse tanto entre los machos como entre las hembras. La selección sexual puede desembocar en «selección sexual desbocada». Esto significa que los genes que están siendo seleccionados son los mismos que hacen la selección, lo que crea un bucle de retroalimentación positiva. Muestro a continuación un ejemplo simplificado de cómo funciona.

Imaginemos que tenemos una población de conejos con orejas cortas. Junto a otras características, el rasgo para la longitud de las orejas es variable y heredable. Los conejos macho realizan poca inversión en paternidad; se aparean todo lo que pueden y con todas las parejas posibles. Ahora bien, aunque todos tienen orejas cortas, las orejas de *Rex* son más largas que las de los demás. Por alguna razón, un par de hembras han desarrollado una preferencia por orejas más largas, de modo que deciden aparearse con *Rex*. Sus descendientes no sólo tendrán orejas más largas sino también la *preferencia* por dichas orejas. Los rasgos se convierten en genéticamente correlativos cuando genes para rasgos diferentes (orejas largas y la preferencia por orejas largas) acaban en los mismos cuerpos. Se ha establecido un bucle de retroalimentación positivo. Cuantas más hembras elijan a machos con orejas largas, más machos y hembras habrá con orejas largas además de con preferencia por las orejas largas. La selección desbocada está en marcha.

### *Grandes cerebros, grandes apetitos y la caza*

El tercer factor en nuestra tendencia a la sociabilidad parece haber surgido de nuestra necesidad de alimentar nuestro cerebro grande, siempre en crecimiento. Cazar, andar en manada, emboscarse y armar bronca fueron las actividades que dieron lugar a nuestros instintos sociales y, en última instancia, a nuestro dominio. Un modo de comparar tamaños cerebrales fue el usado por David Geary, actualmente catedrático de psicología en la Universidad de Missouri, que ha calculado lo que se conoce como *cociente de encefalización*, o CE* de

* Como menciono en el primer capítulo, uno de los problemas de fijarse en el tamaño cerebral absoluto es que aumenta con el tamaño de la totalidad del cuerpo e induce a confusión

varias especies de homínidos en forma de porcentaje del CE de los seres humanos actuales.* Geary ha demostrado que, durante la evolución de los homínidos, hay una progresión imparable en el aumento del tamaño cerebral relativo.[11] ¿Qué causó tal progresión?

Las teorías tradicionales indican que los problemas ecológicos y la resolución de problemas han originado cambios en el cerebro. Harry Jerrison, paleoantropólogo y catedrático emérito de psiquiatría en la Universidad de California, en los Ángeles, constató que el tamaño cerebral de depredadores y presas ha aumentado aquí y allá, en un toma y daca constante, durante los últimos sesenta y cinco millones de años.[12] El uso de herramientas para la caza (depredación) por parte de los seres humanos permitió suponer que fue la producción y el uso de herramientas lo que causó el aumento en tamaño cerebral. Sin embargo, esta teoría no concordaba con los hechos.

Thomas Wynn, antropólogo de la Universidad de Colorado, afirma que «casi toda la evolución del cerebro humano, la supuesta anatomía de la inteligencia, tuvo lugar antes de cualquier prueba de sofisticación tecnológica y, como consecuencia de ello, resulta inverosímil que la tecnología misma desempeñase un papel central en la evolución de esta impresionante capacidad humana».[13] Esto no equivale a decir que la primera fuerza motriz del aumento en tamaño cerebral no fuese ecológica, sino sólo que no fue el uso de herramientas.

Los cerebros grandes son costosos y requieren más energía (comida) que los pequeños; además, existen indicios de que los primeros homínidos sí llegaron a ser más eficientes en la caza y la recolección, y fueron por lo tanto capaces de ocupar una mayor variedad de entornos ecológicos.** Los antropólogos John Tooby e Irven Devore argumentan que la caza fue muy importante para la evolución humana. Tal como lo expresa Steven Pinker, «la clave no es preguntarse qué puede hacer la mente por la caza, sino qué puede hacer la caza por la mente».[14] Y lo que puede hacer es proporcionar carne, una proteína completa y

---

en las comparaciones de tamaño cerebral entre especies distintas. El Cociente de Encefalización (CE) desarrollado por Harry Jerrison mantiene este problema bajo control al considerar el tamaño cerebral en relación con el de un mamífero medio del mismo peso corporal.

* Lo hizo tomando los volúmenes cerebrales, extrapolados a partir de restos fósiles de cráneos de homínidos, y comparándolos con estimaciones de CE de seres humanos actuales, calculadas por P. V. Tobias, catedrático emérito de anatomía y biología humana en la Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo, Sudáfrica.

** Véase una revisión en D. Geary, *The Origin of Mind*, American Psychological Association, Washington, DC, 2004).

una importante fuente de energía para el ávido cerebro. Pinker señala que, entre los mamíferos, los carnívoros tienen un mayor tamaño cerebral relativo.

Richard Wrangham, nuestro hombre de los chimpancés, piensa que comer carne no basta; uno debe ser capaz de digerirla de manera eficiente. Aunque la dieta de un chimpancé contiene cerca de un 30 % de carne de mono, ésta es muy dura y cuesta tanto masticarla, que cualquier ventaja que proporcione con respecto al total de calorías ingeridas es compensada por el tiempo que hace falta para digerirla. Es decir, comer plantas durante una cantidad equivalente de tiempo proporcionaría el mismo número de calorías. Wrangham no sólo pasó muchas horas observando la conducta de los chimpancés, sino que también probó su cocina, que no le gustó demasiado. Era dura, fibrosa y muy difícil de masticar. No alcanzaba a entender cómo un simio que siguiera la dieta de un chimpancé —frutas crudas, hojas, raíces y carne de mono— podía obtener las calorías suficientes para alimentar un cerebro grande, que resulta metabólicamente muy costoso. Los chimpancés se pasan casi la mitad de sus horas de vigilia masticando, y combinan esta actividad con breves periodos de descanso que les permiten vaciar el estómago, pero no les conceden el tiempo necesario para emprender largas expediciones de caza. Simplemente no tienen el tiempo suficiente, al cabo del día, para comer las calorías suficientes.

También había otro dilema. Los chimpancés tienen dientes grandes y mandíbulas poderosas, al igual que los primeros australopitecinos y el *Homo habilis*. El *Homo erectus* era totalmente distinto: sus mandíbulas y sus dientes eran más pequeños, mientras que su cerebro el doble de grande que el de su predecesor, el *Homo habilis*. ¿Qué comía para obtener las calorías que le permitieron impulsar y mantener la expansión cerebral a pesar de esos dientes y mandíbula debiluchos? Por si fuera poco, el *Homo erectus* tenía una caja torácica y un abdomen más pequeños, que por tanto no podían albergar un tracto digestivo tan grande como el del *Homo habilis*. De hecho, el tracto digestivo del hombre actual ocupa sólo el 60 % del tamaño previsible para un simio grande de nuestro tamaño.

Wrangham encendió el fuego de la polémica al proponer una idea radical: ¡Estos primeros seres humanos comían a la barbacoa![15] La comida cocinada al fuego presentaba varias ventajas respecto a la comida cruda.[16] En realidad tiene más calorías y es más blanda, de modo que no hay que dedicar tanto tiempo y energía a masticar: más calorías, menos tiempo, menos esfuerzo (lo cual no resulta muy distinto del concepto moderno de comida rápida). De hecho, cuanto más blanda es la comida, más calorías están disponibles para el crecimiento, pues se emplea menos energía en consumirla y digerirla.[17, 18] Algunos

antropólogos se oponen a esta teoría porque la prueba más antigua de uso del fuego que han encontrado se remonta a hace 500.000 años, si bien hay algunos indicios de que el fuego entró en escena mucho antes, tal vez hace unos 1,6 millones de años, más o menos el momento en que hizo su aparición el *Homo erectus*. Wrangham sugiere que el *Homo sapiens* está biológicamente adaptado para comer comida cocinada.[15] Cree que cocinar la comida permitió el agrandamiento del cerebro, al aumentar las calorías y disminuir la cantidad de tiempo necesario para ingerirlas. Esto liberó tiempo para la caza y la socialización.

Hay quienes, sin embargo, creen que la historia gira en torno a los ácidos grasos en el cerebro. Para la expansión de la corteza cerebral de los homínidos durante los últimos uno a dos millones de años, hizo falta el ácido docosahexaenoico (DHA, por sus siglas en inglés), un ácido graso poliinsaturado de cadena larga. Michael Crawford y sus colaboradores del Instituto de Química Cerebral y Nutrición Humana de la University of North London, piensan que, puesto que la biosíntesis del DHA a partir de su precursor dietético (el ácido alfalinolénico, LNA) es relativamente poco eficiente, la expansión del cerebro humano requirió una fuente abundante de ácido docosahexaenoico preformado.[19] La fuente de DHA más rica es la cadena alimentaria marina, mientras que en la sabana es muy escaso. Los peces y crustáceos de agua dulce tropicales tienen las tasas de lípidos poliinsaturados de cadena larga más parecidas a las del cerebro humano que cualquier otra fuente de alimento conocida. Crawford concluye que el *Homo sapiens* no pudo haber evolucionado en las sabanas sino que se concentró en la costa de mares y lagos, donde conseguía comida a lo largo de la orilla.[20] Los nutrientes así obtenidos contribuyeron a aumentar el tamaño cerebral y la inteligencia, lo que permitió a nuestros antepasados recolectar y pescar aún con mayor eficacia.[21]

Pero los antropólogos Bryce Carlson y John Kingston, de la Universidad de Emory, no están de acuerdo. No aceptan que la bioquímica del cerebro dé a entender nada semejante. Señalan que la premisa clave de esta perspectiva —que la biosíntesis del DHA a partir del LNA no es sólo *poco eficiente* sino también *insuficiente* para el crecimiento y la maduración de un cerebro encefalizado— no está lo bastante probada. Al contrario, las pruebas sugieren que el consumo del LNA disponible a partir de una amplia variedad de fuentes en muchos ecosistemas terrestres es *suficiente* para el desarrollo y mantenimiento normales del cerebro de los seres humanos actuales y presumiblemente también del de nuestros antepasados.[22]

Al trasladarse a territorios más abiertos —bosques, sabanas y praderas—, los primeros homínidos no sólo contaban con más animales para cazar, sino

que también se convirtieron ellos mismos en objetivo de depredadores. Hay un consenso cada vez más amplio respecto a que un factor fundamental en el desarrollo de un cerebro mayor fue el agrupamiento en grupos sociales, que posibilitó una caza y una recolección más eficientes y también procuró protección frente a los depredadores.[23]

Hay dos maneras de superar a un depredador. Una es ser mayor que él, y la otra es formar parte de un grupo mayor. (El autor de tiras cómicas Gary Larsen, en una viñeta de su serie *The Far Side*, describió un tercer método: todo lo que necesitas es que uno de tus compañeros corra menos que tú.) Cuantos más individuos haya en el grupo, más ojos vigilantes habrá. Los depredadores tienen una esfera de acción que depende de su velocidad y su forma de matar. Mientras los detectes y te mantengas fuera de su alcance, estás a salvo. Además, es menos probable que un depredador te ataque si tienes compadres que acuden en tu ayuda cuando te ves en dificultades. Los animales que van en manada no tienen un sistema conocido de ayuda mutua, pero los primates sociales sí. Los individuos que se agrupan en bandas tienen una tasa de supervivencia superior. Y esto nos lleva a los grupos sociales.

Tres factores interrelacionados impulsaron el desarrollo de nuestra mente social: la selección natural, la selección sexual y las consecuencias de necesitar más comida con la que alimentar nuestro cerebro en crecimiento. En cuanto las habilidades sociales pasaron a formar parte de la arquitectura del cerebro humano, se desencadenaron otras fuerzas, que a su vez contribuyeron a un mayor crecimiento del tamaño cerebral.

## El origen de los grupos sociales

En 1966, Alison Jolly, bióloga de la conducta formada en Estados Unidos y actualmente en la Universidad de Winchester, en el Reino Unido, concluía un artículo sobre la conducta social de los lémures con la siguiente afirmación: «La vida social de los primates proporcionó el contexto evolutivo de la inteligencia primate».[24] En 1976, Nicholas Humphrey, sin tener conocimiento del documento de Jolly, llegó a la misma conclusión: «Sostengo que las facultades intelectuales superiores de los primates han evolucionado como adaptación a las complejidades de la vida social».[25] Con ello sugería que la capacidad de predecir y manipular la conducta de los demás procuró una ventaja adaptativa y originó un incremento de la complejidad de la mente. A partir de éste y algunos artículos más, surgió la teoría de la inteligencia maquiavélica.

La hipótesis la propusieron Richard Byrne y Andrew Whiten, de la Universidad de Saint Andrews en Escocia, quienes sugerían que la diferencia entre primates y no primates radica en la complejidad de sus habilidades sociales. Vivir en grupos sociales con vínculos complejos en su interior es más complicado que habérselas con el mundo físico, y las exigencias cognitivas de esta vida social derivaron en una presión selectiva en favor de incrementos en el tamaño y las funciones del cerebro.[26] «La mayoría de los monos y los simios viven en grupos de larga duración, de modo que los principales competidores por el acceso a los recursos son miembros conocidos de la misma especie. Esta situación favorece a los individuos que pueden contrarrestar los costes de la competencia usando tácticas manipulativas, y la habilidad de manipular depende de un conocimiento social muy amplio. Como la ventaja competitiva concierne a la capacidad de los demás miembros de la población, el resultado es una "carrera armamentística" de habilidades sociales en aumento, que finalmente alcanza un equilibrio debido al elevado coste metabólico del tejido cerebral».[23] Pobre Maquiavelo. Quizá fuera el sociólogo primordial, pero su nombre tiene connotaciones peyorativas, de modo que se mató al mensajero. Hoy la teoría se conoce como *hipótesis del cerebro social.*

Otra hipótesis sobre el aumento del tamaño cerebral, emparentada con la del cerebro social, fue la propuesta por Richard Alexander, catedrático de zoología de la Universidad de Michigan. Alexander se concentró en la competición intergrupal y no en la intragrupal, y sugirió que los otros grupos de homínidos se convirtieron en el depredador principal. La consecuencia fue una carrera armamentística por la invención de nuevas armas y estrategias: «Los seres humanos se habían hecho, a su peculiar manera exclusiva, tan dominantes en sentido ecológico, que ellos mismos se convirtieron de hecho en su principal fuerza natural hostil, explícitamente con respecto a cambios evolutivos en la psique y la conducta social humanas».[27]

## ¿POR QUÉ ES LIMITADO EL TAMAÑO DEL GRUPO SOCIAL?

La argumentación más convincente a favor de la tesis de cierto tipo de componente social del cerebro grande es la del brillante antropólogo Robin Dunbar, de la Universidad de Liverpool. En cada tipo de primate, el tamaño del grupo social tiende a concordar con el de otros miembros de la misma especie. Dunbar ha establecido una correlación entre tamaño cerebral y tamaño del grupo social en primates y simios, y ha descubierto que existen dos escalas diferentes pero paralelas, una para los simios y otra para los demás primates. Ambas muestran

que cuanto mayor es la neocorteza, más grande es el grupo social. Sin embargo, en comparación con los demás primates, en los simios un tamaño grupal determinado requiere un mayor tamaño de la neocorteza.[28] Parece que los simios tienen que trabajar con más ahínco para mantener sus relaciones sociales.

Pero ¿por qué es limitado el tamaño del grupo social? ¿Tiene algo que ver con nuestras capacidades cognitivas? Dunbar propone cinco capacidades cognitivas que podrían limitar el tamaño del grupo social: la capacidad de interpretar información visual para reconocer a otros, la memoria para las caras, la capacidad de recordar quién está relacionado con quién, la capacidad de procesar información emocional y la capacidad de manipular información sobre un conjunto de relaciones. Sostiene que es esta última habilidad cognitiva, que tiene que ver con la gestión de los asuntos sociales, la que determina la limitación del tamaño grupal. Señala que la visión no es, al parecer, el problema, porque la neocorteza ha continuado creciendo, mientras que la corteza visual no lo ha hecho. La memoria no es el problema; la gente puede recordar más caras de las que predeciblemente incluye su grupo social cognitivo. La emoción no parece ser el problema; de hecho ha habido una reducción de los centros emocionales en el cerebro. Según Dunbar, lo que limita el tamaño del grupo social es la capacidad de manipular y coordinar información y relaciones sociales. ¡La cantidad de manipulación y relaciones que puede manejarse es finita!

Ha sido difícil descubrir métodos para medir las habilidades sociales y la complejidad social. Se ha establecido una correlación entre cinco aspectos de la conducta social y el tamaño de la neocorteza en primates. El primer aspecto identificado ha sido el tamaño del grupo social.[29, 30] Los otros son los siguientes:

- El tamaño de la cuadrilla de despioje: el número de individuos con los que un animal puede mantener simultáneamente una relación cohesiva e íntima que implica el acto físico de despiojar.[31]
- El grado de habilidad social requerido por las estrategias de apareamiento del macho. Esto indica que las ventajas del rango y poder masculinos pueden ser compensadas por la habilidad social: no es preciso ser un pez gordo para conseguir la chica; también puedes conseguirla con encanto personal.[32]
- La frecuencia del engaño táctico: la habilidad de manipular a otros miembros del grupo social sin utilizar la fuerza.[23]
- La frecuencia del juego social.[33]

Dunbar buscó índices ecológicos que también pudiesen estar correlacionados con el tamaño cerebral: la proporción de fruta en la dieta, el tamaño del área de acción, la distancia recorrida a diario y el estilo de recolección de ali-

mento. Al no encontrar correlación alguna entre estos índices y el tamaño de la neocorteza, llegó a la conclusión de que lo más probable era que el aumento de tamaño de los grupos sociales se debiera al problema ecológico del riesgo de depredadores, y que las presiones y complejidades de vivir en grupos sociales cada vez mayores impulsaran la expansión del tamaño cerebral.[34] Entonces, ¿hemos acabado con estos cerebros grandes porque no queríamos ser el plato del día? Examinaremos estas cinco capacidades sociales y veremos si hay algún aspecto en ellas que sea exclusivo de los seres humanos.

## EL TAMAÑO DEL GRUPO SOCIAL EN LOS SERES HUMANOS

Mientras que el tamaño del grupo social observado en los chimpancés es de 55, el tamaño del grupo social que Dunbar calculó a partir del tamaño de la neocorteza en los seres humanos es de 150. ¿Cómo puede ser así, cuando hoy vivimos en ciudades enormes, a menudo pobladas por millones de personas? Sin embargo, pensándolo bien, nunca tenemos siquiera la oportunidad de interaccionar con la mayoría de estas personas. Recordemos que nuestros antepasados eran cazadores-recolectores, y los grupos humanos no empezaron a asentarse en un lugar hasta que se desarrolló la agricultura, hace unos diez mil años. Hoy en día, el tamaño típico de los clanes de cazadores-recolectores, grupos emparentados entre ellos que se reúnen una vez al año para celebrar ceremonias tradicionales, es de 150 miembros. Éste es también el tamaño de las sociedades agrícolas tradicionales, así como de las listas de felicitaciones navideñas de nuestras agendas personales.[35]

Resulta que entre 150 y 200 es el número de personas que pueden ser controladas sin organización jerárquica. Es el número básico usado en unidades militares en las que el orden se mantiene mediante lealtades personales y el contacto de hombre a hombre. Dunbar afirma que es el límite superior del tamaño de las organizaciones empresariales modernas dirigidas de manera informal.[36] Es el número máximo de personas a las que un individuo puede seguir la pista, con las que puede mantener una relación social y a las que estaría dispuesto a hacer un favor.

## EL DESPIOJE: EL PAPEL SOCIAL DEL CHISMORREO

Chismorrear tiene mala prensa, pero los investigadores que estudian el chismorreo no sólo han descubierto que es universal,[37] sino que además es benefi-

cioso, que es la manera en que aprendemos a vivir en sociedad. En opinión de Dunbar, el chismorreo es el equivalente humano al despioje en otros primates (y recordemos que el tamaño del grupo de despioje guarda correlación con el tamaño cerebral relativo). El acto físico de despiojar ocupa gran parte del tiempo de un primate. Los primates que pasan más rato despiojando son los chimpancés, que ocupan en ello hasta un 20 % de su tiempo.[38] En algún momento de la evolución de los homínidos, a medida que los grupos sociales se iban haciendo mayores, un individuo necesitaría despiojar cada vez a más individuos con el fin de mantener sus relaciones en el gran grupo. El despioje restaría tiempo a la búsqueda de comida. Fue entonces, argumenta Dunbar, cuando empezó a desarrollarse el lenguaje.[39] Si el lenguaje empezó a sustituir al despioje, uno podía «despiojar», es decir, chismorrear, mientras hacía otras cosas, como buscar comida, viajar y comer. Tal vez fue ésta la manera en que empezamos a hablar con la boca llena.

Sin embargo, el lenguaje puede ser un arma de doble filo. Las ventajas del lenguaje son que puedes despiojar a varias personas a la vez (es más eficiente) y que puedes obtener y dar información en el seno de una red de personas más amplia. No obstante, la desventaja es que eres vulnerable a los tramposos. Con el despioje físico, un individuo invierte un tiempo personal de primera calidad, que no puede fingirse. Con el lenguaje, se añade una nueva dimensión: los mentirosos. Uno puede contar historias distantes en el tiempo, cuya veracidad es por consiguiente difícil de juzgar, y mientras que el despioje se lleva a cabo en un grupo de individuos, siendo visible y verificable por todos ellos, el chismorreo puede hacerse en privado, sin que su veracidad sea contrastada. Pero el lenguaje también puede ayudarnos a resolver este problema: puedes recibir el aviso de un amigo sobre una mala experiencia previa con cierto individuo. A medida que un grupo social se hace más grande y disperso, es más difícil detectar a los tramposos y aprovechados. El chismorreo pudo haber evolucionado en parte como un modo de controlar a los que viven del cuento.[40, 41]

Diferentes estudios han establecido que, por término medio, los seres humanos pasan un 80 % de su tiempo de vigilia en compañía de otros. Estamos una media de seis a doce horas al día hablando, sobre todo en conversaciones de dos, con un individuo conocido.[42] El resultado de estos estudios no debería sorprender al lector. Nicholas Emler, psicólogo social de la London School of Economics, ha estudiado el contenido de las conversaciones y ha descubierto que entre el 80 y el 90 % de ellas tratan de individuos concretos, nombrados y conocidos, es decir, de chismorreo. Los temas impersonales, aunque conlleven opiniones personales sobre arte, literatura, religión, política y cosas por el estilo,

constituyen sólo una pequeña parte del total. Esto es verdad no sólo en relación con encuentros casuales en el supermercado, sino también en reuniones universitarias y comidas de negocios. Cabría suponer que, en las reuniones de alto nivel, se discuten y resuelven los problemas mundiales, pero el 90 % del tiempo se lo llevan el hándicap en golf de Bob, el nuevo Porsche de Bill y la nueva secretaria. Si el lector cree que esta cifra es exagerada, piense en todas las molestas conversaciones de móvil que ha oído a su pesar. ¿Alguna vez ha escuchado a alguien de la mesa de al lado o en la cola del supermercado hablar sobre Aristóteles, mecánica cuántica o Balzac?

Otros estudios han demostrado que dos tercios del contenido de las conversaciones son revelaciones íntimas. De estos dos tercios, un 11 % versan sobre estados de la mente (mi suegra me está volviendo loco) o del cuerpo (quiero hacerme esta liposucción con toda mi alma). El resto trata sobre preferencias («Sé que suena extraño, pero Los Ángeles me gusta de verdad»), planes («Este viernes empiezo a ir al gimnasio») y, las más frecuentes, acciones realizadas («Ayer le despedí»). De hecho, entre los temas de conversación sobre otros, las acciones son la categoría más numerosa.[42] En la sociedad, el chismorreo sirve para muchas cosas: refuerza las relaciones entre los contertulios,[43] satisface la necesidad de formar parte de un grupo exclusivo y ser aceptado por sus miembros,[37] proporciona información,[44] forja reputaciones (tanto buenas como malas),[43] mantiene y refuerza normas sociales,[45] y permite a los individuos que se evalúen a sí mismos a través de la comparación con otros. Puede ayudar a mejorar el estatus en el seno de un grupo, o simplemente entretener.[46] El chismorreo permite a las personas manifestar sus opiniones, pedir consejo y expresar aprobación o desaprobación.

Jonathan Haidt, psicólogo de la Universidad de Virginia que ha estudiado la felicidad, escribe que «el chismorreo es un policía y un maestro. Sin él, el caos y la ignorancia camparían por doquier».[47] No sólo chismorrean las mujeres, aunque los hombres hablen de «intercambio de información» o «redes estratégicas». El único momento en que los hombres pasan menos tiempo chismorreando que las mujeres es cuando están en presencia de mujeres. Entonces, se discuten temas más elevados de un 15 a un 20 % del tiempo. La única diferencia entre el chismorreo masculino y el femenino es que los hombres pasan dos tercios del tiempo hablando de sí mismos («¡Cuando tiré de la caña para sacarlo, te juro que el condenado pesaba más de diez toneladas!», mientras que las mujeres pasan sólo un tercio del tiempo hablando de sí mismas y están más interesadas en las demás («¡La última vez que la vi, te juro que había engordado unos diez kilos!»).[48]

Además del contenido de las conversaciones, Dunbar también descubrió que los grupos de conversación no son infinitamente grandes, sino que por lo

general se autolimitan a unos cuatro individuos. Piense el lector en la última fiesta a la que asistió. La gente entra y sale de las conversaciones en grupo, pero en cuanto un grupo suma más de cuatro personas, tiende a dividirse en dos conversaciones. Dunbar dice que quizá sea una coincidencia, pero sugiere que podría existir una correlación con el despioje de los chimpancés. En un grupo de conversación compuesto por cuatro personas, sólo habla una y las otras tres escuchan o, en la jerga chimpancé, están siendo despiojadas. Los chimpancés tienen que despiojarse uno a uno, y su grupo social máximo es de 55 miembros. Si pudiésemos despiojar a tres personas a la vez, como indica el tamaño de nuestros grupos de conversación, y multiplicásemos a nuestros tres compañeros de despioje por 55, obtendríamos 165, un número muy cercano al tamaño de nuestro grupo social, calculado por Dunbar a partir del tamaño de la neocorteza humana.

## EL ENGAÑO ESTRATÉGICO

Cuando está ocupada en tareas de chismorreo, una persona no sólo está dedicada al intercambio de información, sino quizá también a la manipulación y al engaño. Puede que esté engañando a sus compañeros de chismorreo porque, en esencia, no está hablando realmente con ellos para averiguar cómo les va; puede que esté recogiendo información para sus fines particulares. Incluso podría inventarse algo para tener más chismorreos de los que hablar. Se trata de dos problemas distintos. Empecemos por el intercambio. Como he mencionado antes, para que el intercambio recíproco funcione, hay que identificar a los tramposos. De lo contrario, los tramposos que sacan provecho sin tener que pagar el coste acabarían por salirse con la suya, y el intercambio recíproco no resultaría sostenible.

Aunque hay diferencias culturales entre los grupos humanos, existen muchas conductas universales.[49] Tal como hemos visto, podemos rastrear algunas de estas conductas hasta nuestro antepasado común con los chimpancés e incluso más allá, mientras que otras son cualitativamente distintas. El campo de la psicología evolutiva intenta explicar ciertos rasgos mentales —por ejemplo, la memoria, la percepción o el lenguaje— como adaptaciones, productos de la selección natural. Estudia los mecanismos psicológicos del mismo modo que los biólogos estudian los mecanismos biológicos.

Según la psicología evolutiva, la cognición tiene una estructura funcional con una base genética, al igual que el corazón, el hígado y el sistema inmunológico, y ha evolucionado por selección natural o sexual. Como ocurre con otros

órganos y tejidos, estas adaptaciones psicológicas son compartidas universalmente en el seno de una especie, y favorecen la supervivencia y la reproducción. Algunos rasgos, como la visión, el miedo, la memoria y el control motor, no son controvertidos. Otros, como la adquisición del lenguaje, la evitación del incesto, la detección de los tramposos y las estrategias de apareamiento propias de cada sexo, son controvertidos pero cada vez menos. Los psicólogos evolutivos explican que un cerebro está constituido, al menos en parte, por módulos que, como resultado de la selección natural, han desarrollado finalidades funcionales específicas que son innatas. Leda Cosmides, una de las principales exponentes de este campo, describe la búsqueda de estas funciones:

> Cuando los psicólogos evolutivos hablan de «la mente», se refieren al conjunto de dispositivos de procesamiento de información instalados en el cerebro humano, responsables de toda la actividad mental consciente y no consciente, y generadores de toda la conducta. Lo que permite a los psicólogos evolutivos ir más allá de los enfoques tradicionales en el estudio de la mente es que, en su investigación, hacen uso activo de un hecho que a menudo se pasa por alto: que los programas que comprende la mente humana fueron diseñados por la selección natural para resolver los problemas de adaptación a los que se enfrentaban nuestros antepasados cazadores-recolectores. Esto nos lleva a buscar programas bien diseñados para resolver problemas como la caza, la recolección de plantas alimenticias, el cortejo, la cooperación con los miembros del mismo clan, la formación de coaliciones para defensa mutua, eludir a los depredadores y demás. Nuestra mente debe tener programas que nos permitan resolver eficazmente estos problemas, sean o no importantes en el mundo actual.[50]

Existen razones muy prácticas para estudiar nuestra conducta y nuestras capacidades desde una perspectiva evolutiva. Cosmides señala lo siguiente:

> Al comprender estos programas, podemos aprender a afrontar con mayor efectividad nuevas circunstancias evolutivas. Consideremos, por ejemplo, que la única información disponible para los cazadores-recolectores sobre la probabilidad y el riesgo fuese la frecuencia con que les sucedían acontecimientos reales. Parece como si nuestra «mente de la edad de piedra» tuviese programas diseñados para obtener datos sobre frecuencia y razonar bien a partir de ellos. Gracias a este conocimiento, los psicólogos evolutivos están desarrollando mejores maneras de comunicar datos actuales complejos de carácter estadístico.
>
> Imaginemos que tu última mamografía ha dado positivo. ¿Qué probabilidad hay de que realmente tengas cáncer de mama? El modo habitual de presentar los datos pertinentes —en porcentajes— lo complica todo. Si decimos que el 1 % de

las mujeres examinadas al azar tienen cáncer de mama, y todas dan positivo en la prueba, pero hay un 3 % de falsas alarmas, la mayoría de la gente pensará erróneamente que una mamografía positiva significa que tienen un 97 % de probabilidades de padecer cáncer de mama. Pero si presentamos esta misma información en frecuencias absolutas —una información ecológicamente válida para una mente de cazador-recolector— la cosa cambia: de cada 1.000 mujeres, 10 tienen cáncer de mama y dan positivo, mientras que 30 dan positivo, pero no padecen el cáncer. Por consiguiente, de cada 1.000 mujeres, 40 dan positivo, pero sólo 10 de ellas tienen cáncer. Este formato permite ver con claridad que, si una mamografía te sale positiva, las probabilidades de que tengas cáncer de mama son sólo 1 entre 4... es decir, un 25 % y no un 97 %.[50]

## *Detectar a los tramposos*

Cosmides también concibió un experimento que, según ella, demuestra que la mente humana tiene un módulo especial diseñado para detectar individuos que engañan en situaciones de intercambio social. Para ello emplea el Test de Wason,* que consiste en detectar las violaciones potenciales de una regla condicional: si P, entonces Q. Se han diseñado muchas formas de este test para averiguar si los seres humanos cuentan con mecanismos cognitivos especializados para el intercambio social. Veamos qué tal se le da al lector:

Sobre una mesa hay cuatro cartas. Cada carta tiene una letra en un lado y un número en el otro. Ahora mismo son visibles R, Q, 4 y 9. Hay que dar la vuelta al menor número posible de cartas para demostrar si la siguiente regla es verdadera o falsa: si una carta tiene una R en un lado, entonces tiene un 4 en el otro. ¿Entendido? ¿Cuál es la respuesta?

La respuesta es R y 4. Bien, veamos ahora este otro:

Hay cuatro personas sentadas en torno a una mesa. Una tiene 16 años, la segunda 21, la tercera está bebiendo Coca-Cola y la cuarta está bebiendo cerveza. Legalmente, sólo los mayores de 21 años pueden beber cerveza. ¿A cuáles de estas personas tiene que pedir la documentación el encargado del local para asegurarse de que no infringe la ley? Ésta es más fácil, ¿verdad? La respuesta es a la persona de 16 años y al bebedor de cerveza.

Cosmides ha descubierto que a la gente le cuesta mucho resolver el primer tipo de problema, sólo lo hacen correctamente entre un 5 y un 30 % de las

* P. C. Wason, «Reasoning about a rule», *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, nº A 20, 1968, págs. 273-281.

personas, mientras que entre un 65 y un 80 % resuelven correctamente el segundo tipo; y no sólo en Stanford, donde lo intentó la primera vez, sino con sujetos de todo el mundo, desde franceses hasta los shiwiar del Amazonas ecuatorial, y no sólo adultos, sino también niños de 3 años. Cuando el contenido de un problema consiste en descubrir a los tramposos en una situación de intercambio social, la gente lo encuentra fácil de resolver, mientras que si está planteado en forma de problema lógico, es más difícil.[51]

Después de muchos más experimentos con distintas culturas y grupos de edad, Cosmides ha descubierto, además, que la detección de tramposos se desarrolla en una edad temprana, opera con independencia de la experiencia y la familiaridad, y detecta el engaño pero no las violaciones *no intencionadas*. A juicio de Cosmides, esta capacidad de detectar a los tramposos es un componente de la naturaleza humana universal, diseñada por la selección natural para producir una estrategia evolutivamente estable de ayuda condicional.

Existen incluso pruebas neuroanatómicas. Provienen de un paciente, R. M., que tiene una lesión cerebral focal que ha afectado a su capacidad para detectar tramposos, si bien por otra parte él razona de un modo completamente normal en tareas semejantes que no conllevan intercambio social.[52] Cosmides afirma que «como seres humanos, damos por hecho que podemos ayudarnos unos a otros intercambiando bienes y servicios. Pero la mayoría de los animales no pueden llevar a cabo esta clase de conducta, pues carecen de los programas que la hacen posible. En mi opinión, esta capacidad cognitiva humana es uno de los mejores instrumentos de cooperación que existen en el reino animal».[50]

No somos los únicos que podemos detectar a los tramposos en los intercambios sociales. Según ciertos experimentos realizados por Sarah Brosnan y Frans de Waal, esta capacidad está presente, en un grado limitado, en los monos capuchinos marrones.[53] Sin embargo, los animales implicados en el intercambio recíproco hacen aproximaciones. Los seres humanos quieren estar seguros de que dan y reciben una cantidad equivalente; las aproximaciones no bastan. De hecho, Marc Hauser, de la Universidad de Harvard, cree que nuestras capacidades matemáticas evolucionaron con la aparición de los sistemas de intercambio social.[54]

### Engañar a los tramposos

¿Podemos engañar al sistema de detección de tramposos? Probablemente no, como ha descubierto Dan Chiappe, psicólogo en la Universidad de Toronto.

Chiappe demostró que, en situaciones de contrato social, las personas consideraron más importante acordarse de los tramposos que de los cooperadores, miraban a los tramposos durante más tiempo, se quedaban más fácilmente con sus caras y era más probable que recordaran información sobre su conducta en situaciones de intercambio social.[55]

Cuando se ha detectado a tramposos, se puede hacer con ellos dos cosas: o bien se les evita, o bien se les castiga. ¿No es más fácil evitarlos? Castigar a un tramposo cuesta al justiciero tiempo y esfuerzo. ¿Qué se gana con ello? Recientemente, Pat Barclay, de la Universidad de Cornell, ha realizado un estudio de laboratorio según el cual, en juegos en que se repiten encuentros, los jugadores que castigan a los tramposos obtienen confianza y respeto y se les juzga preocupados por el interés del grupo. Los beneficios de este aumento de la buena reputación (que es un indicador de eficacia biológica para la selección sexual) pueden compensar los costes de ser un justiciero, y podrían ser una posible explicación de cómo evolucionaron los mecanismos psicológicos del comportamiento altruista.[56] Mejor no hagas nada que pueda llevar a uno de tus competidores a obtener una mejor recompensa. Qué golpe de suerte que vieras a Don con esa llamativa rubia en las carreras. Todo el mundo se pregunta qué hace en su tiempo libre. Este chismorreo podría ser un bien preciado en la arena de intercambio de chismorreos en la oficina, pero ¿cómo saber si lo que allí te dicen a ti es verdad? *Si podemos detectar a los defraudadores, ¿significa eso que podemos saber si alguien está mintiendo?* Pues no. Eso tiene que ver con interpretar las expresiones faciales y el lenguaje corporal. Pero me alegra que haya salido el tema, porque...

## *Engaño intencionado*

Aunque sabemos que el engaño es un fenómeno extendido por todo el reino animal, por ejemplo, los frailecillos silbadores que fingen estar heridos para alejar a los depredadores de sus nidos,[57] el engaño intencionado tal vez se reduzca a los grandes simios.[58] Y los seres humanos son los maestros del engaño. Entre los seres humanos, el engaño es ubicuo y empieza por la mañana, con las mujeres que se ponen maquillaje (para estar más guapas o aparentar ser más jóvenes) y perfume (para enmascarar su propio olor). Las mujeres han usado joyas, tintes para el pelo y maquillaje durante eones. Sólo hay que darse una vuelta por la sección del antiguo Egipto en el Louvre. Tampoco a los hombres les es ajeno el engaño. Se aplican desodorante o peinan el poco pelo que tienen sobre las entradas para disimular la calvicie (como si así engañaran a nadie) o

asoman la cabeza, y el tupé engominado, tras el parabrisas del descapotable que han tenido que comprar a crédito.

¿Es posible imaginar un mundo en el que nadie engañase a nadie? Sería horrible. ¿Realmente queremos saber la respuesta a «hola, ¿cómo va todo?» o que alguien nos diga «veo que esos kilos de más se te han puesto todos en la papada»? Las mentiras se usan para promocionarse en una entrevista de trabajo («Claro, sé perfectamente cómo hacerlo»), o cuando nos presentan a alguien por primera vez («¿Es tu hija? ¡Qué cosita más preciosa!», en vez del comentario de Rodney Dangerfield* «Ahora entiendo por qué los tigres se comen a sus hijos»).[59] Y se utilizan al conocer a parejas potenciales («¡Por supuesto que soy rubia natural!»).[60]

No sólo nos mentimos unos a otros, también nos mentimos a nosotros mismos. Desde el 100 % de estudiantes de educación secundaria, que consideran su capacidad de llevarse bien con los demás muy por encima de la media (una imposibilidad matemática), al 93 % de profesores universitarios que se consideran a sí mismos más competentes en su trabajo que la media, el autoengaño campa por doquier.[61] ¿Y qué pasa con los «hago muchísimo ejercicio» o «mi hijo jamás haría algo así»? Para ser un buen mentiroso, es de gran ayuda no saber que se está mintiendo o, en el caso de los psicópatas, que no te importe nada. De hecho, los niños aprenden a mentir instruidos por sus padres («dile a la abuela cuánto te gustan los pantalones que te ha regalado» y «no debes decirle a Sammy que está muy gordo») y sus maestros («da igual que pienses que Joe es tonto, pero no está bien que lo digas»).

¿Cómo sabemos si alguien está mintiendo? ¿Realmente queremos saberlo? ¿Y por qué nos *mentimos* a nosotros mismos?

## *¿Cómo sabemos si alguien está mintiendo?*

Cuando nos hallamos en pleno chismorreo, cotilleando y tratando de determinar si la información que estamos obteniendo es veraz, también interpretamos las expresiones faciales. La percepción de caras es seguramente la habilidad visual más desarrollada en los seres humanos, y es evidente que desempeña un importante papel en las interacciones sociales. Se creyó durante mucho tiempo que la percepción de caras estaba controlada por un sistema especializado en el cerebro humano, pero hoy sabemos que diferentes partes del cerebro controlan

* Rodney Dangerfield (1921-2004), famoso cómico y actor estadounidense. *(N. del t.)*

diferentes tipos de percepción de caras. Los circuitos que perciben la identidad son distintos de los que perciben el movimiento y las expresiones.

Muy poco tiempo después de nacer, los bebés ya prefieren mirar caras antes que otros objetos.[62] A los 7 meses empezamos a responder apropiadamente a expresiones específicas.[63] A partir de entonces, la percepción facial nos proporciona toneladas de información que facilita la interacción social. A través de la apariencia visual de una cara, podemos acceder a información sobre la identidad, el origen, la formación, la edad, el género, el humor, el nivel de interés y las intenciones de la otra persona. Podemos darnos cuenta de lo que está mirando y observarlo también nosotros, y entender mejor lo que nos dice leyendo sus labios.[64]

No estamos solos en la posesión de la capacidad de reconocer caras de individuos. Los chimpancés y los monos resus también son capaces de hacerlo.[64] En contra de lo que se suponía previamente, ciertas disecciones recientes han demostrado que los chimpancés y los seres humanos tienen una anatomía facial casi idéntica y disponen de un amplio abanico de expresiones faciales.[65] Lisa Parr, de la Universidad de Emory, ha realizado algunos estudios para demostrar la capacidad de los chimpancés a la hora de emparejar fotografías de expresiones faciales con vídeos de escenas con fuerte carga emocional.[66] De modo que compartimos con los chimpancés dos componentes del chismorreo y el intercambio social —la capacidad de reconocer con quién tratamos y la de descifrar las emociones en expresiones faciales—, pero ¿nos ayuda eso a reconocer a los mentirosos? Bueno, hay un amplio abanico de movimientos faciales y corporales asociados con el engaño, lo que nos lleva de nuevo al amigo Maquiavelo.

Paul Ekman, de la Universidad de California, en San Francisco, ha investigado las expresiones faciales más que nadie. Cuando empezó sus estudios, la suya era una empresa solitaria, porque hasta el momento todo el mundo —excepto Darwin, por supuesto, y un neurólogo francés del siglo XVIII llamado Duchenne de Boulogne— había estado evitando el tema. Tras años de trabajo, Ekman ha establecido que las expresiones faciales son universales y que hay expresiones específicas para emociones específicas.[67] Si un individuo está mintiendo, cuanto más hay en juego, más intensas son las emociones (por ejemplo, ansiedad y miedo) que está experimentando.[68] Estas emociones se reflejan en la cara[69] y el tono de voz.[70] Y he aquí uno de los beneficios del auténtico autoengaño: si no sabes que estás mintiendo, tus expresiones faciales no te traicionarán.

Ekman ha estudiado la capacidad de las personas para detectar mentirosos, y es bastante limitada. La mayoría de las personas no lo hacen demasiado

bien, aunque crean que sí (engañándose a sí mismas también en esto). Sus resultados son los mismos que cuando intentan adivinarlo al azar. Sin embargo, Ekman ha descubierto que algunos profesionales sí son eficientes: los mejores son los agentes secretos, a quienes siguen los psicoterapeutas. De las doce mil personas a las que ha examinado, ¡sólo veinte eran detectores natos de mentiras![71] Un problema inherente a la interpretación de expresiones faciales es que uno puede captar la emoción, pero no necesariamente comprende la razón de la misma, y entonces la malinterpreta. Aprenderemos más sobre esto en los próximos capítulos. Puede que te des cuenta de que una persona está asustada y creas que lo está porque te está mintiendo y tiene miedo de que lo descubras, pero podría ser que estuviera asustada porque en el pasado no mintió y se le acusó falsamente de hacerlo, y piensa que no vas a creerla.

Naturalmente, no todos los engaños son malintencionados. Por cortesía, las personas a menudo actúan como si lo estuviesen pasando bien cuando no es así, por ejemplo, al hacer cumplidos sobre el pescado que les has preparado cuando en realidad les asquea. O cuando se ríen de un chiste malísimo que les has contado mil veces. Son mentirijillas sin importancia que no tienen mayor repercusión.

Las personas aprenden a controlar sus expresiones, pero Ekman ha observado microexpresiones que resultan de intentar disimular emociones. La mayoría de las personas no las ven, pero es posible aprender a detectarlas. También pueden ser difíciles de detectar algunas expresiones fingidas. Por ejemplo, la falsa sonrisa: hay ante todo dos músculos implicados en la sonrisa auténtica, el músculo cigomático mayor, que permite levantar los bordes de la boca hacia arriba, y los *orbicularis oculi pars lateralis*, que, además de subir las mejillas hacia arriba y provocar las patas de gallo, también hacen descender el borde lateral de las cejas. El músculo *orbicularis oculi* no está bajo nuestro control voluntario, así que en una sonrisa falsa el borde lateral de la ceja no baja, aunque un cigomático totalmente contraído pueda hacer subir las mejillas hasta formar una pata de gallo.

Si somos tan hábiles a la hora de detectar tramposos en situaciones de intercambio social, ¿por qué nos cuesta tanto pillar a los mentirosos? Mentir se ha convertido en algo común entre la población, por tanto ¿no deberían haber evolucionado mecanismos de detección? Ekman ofrece algunas explicaciones. En primer lugar, sugiere que, en el entorno en el que evolucionamos, mentir no era tan común porque había menos oportunidades. La gente vivía en campo abierto y en grupos. La falta de privacidad haría que las posibilidades de detección fuesen altas, y el descubrimiento se efectuaría mediante la observación directa de la conducta de un individuo, en vez de tener que basarse en el juicio

sobre su manera de comportarse. En segundo lugar, las mentiras descubiertas darían lugar a mala reputación. Hoy en día, nuestro entorno es muy distinto. Las oportunidades de mentir abundan, y vivimos entre cuatro paredes. Es posible zafarse de una mala reputación, aunque pueda ser costoso, cambiando de trabajo, de ciudad, de país o de cónyuge, y la evolución no nos ha preparado para detectar las mentiras por la manera de comportarse del mentiroso. Pero entonces, si no tenemos una facultad innata para detectar a los tramposos ¿por qué no hemos aprendido a hacerlo? Tal vez porque nuestros padres nos enseñan a no identificar sus mentiras, como las historias para ocultar la actividad sexual y quién sabe qué más. También puede ser que prefiramos no pillar a los mentirosos, porque sospechar de alguien en vez de confiar en él dificulta el establecimiento y mantenimiento de las relaciones. O quizá deseamos ser engañados porque tenemos interés en no saber la verdad. La verdad tal vez te haga libre, pero también podría hacerte libre con cuatro hijos y sin ningún ingreso. A menudo la razón es la cortesía: lo que el hablante nos dice es todo lo que desea que sepamos, y no queremos robar la información que no se nos ofrece.

Pero quizás es el lenguaje, que en los seres humanos ha evolucionado muy recientemente; he ahí el problema. Comprender e interpretar lenguaje es un proceso consciente que conlleva mucha energía cognitiva. Si estamos concentrados en lo que se dice, en vez de dejar que se registren en nuestro cerebro consciente percepciones visuales y pistas vocales, quizás estemos reduciendo nuestras facultades de detección. Gavin de Becker, en su libro *The Gift of Fear*,[72] aconseja a la gente que confíe en el fenómeno que él define como «saber sin saber por qué». De Becker es un experto en predecir el comportamiento violento, y ha descubierto que la mayoría de las víctimas de violencia habían recibido señales de aviso sin reparar en ellas. ¿Nos ha *enseñado* nuestro aprendizaje social a no detectar el engaño? ¿Reinterpretamos lo que realmente vemos? Hay que seguir trabajando en esta cuestión.

## *Mentirse a sí mismo*

¿No es contraproducente mentirse a sí mismo? Como dice el refrán, si no puedes confiar en ti mismo, ¿en quién si no? ¿Recuerdan a nuestro detector de tramposos en situaciones de intercambio social? Cooperar y estar atento ante posibles tramposos sale a cuenta. Pero no es necesario que seas realmente cooperativo, basta con que lo parezcas. Todo lo que hace falta es tener buena reputación. En realidad no es necesario merecerla.

*Te refieres a ser un hipócrita, ¿verdad? Los hipócritas me sacan de quicio.*

No tan deprisa. Todo el mundo (excepto yo, por supuesto) es un hipócrita. Aparentemente, es más fácil verlo desde fuera que desde dentro. Como acabamos de descubrir, para salir airoso del embuste es de utilidad no saber conscientemente que estás contando un cuento chino, porque entonces tendrás menos ansiedad y por tanto habrá menos posibilidades de que te pillen.

Dan Batson, de la Universidad de Kansas, ha hecho una serie de experimentos con resultados bastante chocantes.[73,74] A cada sujeto, un estudiante, se le daba la oportunidad de repartirse con otro estudiante (en realidad un impostor) diferentes tareas. Una tarea era más atractiva (la oportunidad de conseguir billetes de lotería). La otra no incluía la posibilidad de conseguir billetes y era descrita como aburrida. A los estudiantes se les decía que el otro participante pensaría que el reparto se había hecho al azar. También se les decía que la mayoría de los participantes creían que la manera más justa de repartir las tareas era lanzar una moneda al aire, y se proporcionaba a cada estudiante una moneda por si quería lanzarla. Después del experimento, prácticamente todos los participantes dijeron que lo más ético era asignar al otro participante la mejor tarea o lanzar la moneda al aire. Pero sólo cerca de la mitad lanzaron la moneda. De los que no lo hicieron, entre el 80 y el 90 % se asignaron la mejor tarea a sí mismos y, contrariamente a las leyes de la probabilidad, el mismo porcentaje de los que lanzaron la moneda terminó con la mejor tarea. Los estudiantes que habían lanzado la moneda se consideraban a sí mismos más éticos que los que no lo habían hecho, incluso cuando habían falseado el resultado.

Estos resultados se repitieron en numerosos estudios, incluso cuando se asignó una cara de la moneda a cada tarea para evitar ambigüedades en el lanzamiento. Algunos participantes lanzaron la moneda para aparentar ser justos, y aun así cedieron a su propio interés egoísta al ignorar los resultados y atribuirse la mejor tarea; ¡y seguían juzgándose a sí mismos más éticos simplemente por haber lanzado la moneda! Esto es lo que se llama hipocresía moral. Los resultados se repitieron cuando se dijo a los estudiantes que, tras su decisión, tendrían que decir al otro participante cómo habían llegado a ella. Con una discrepancia, más sujetos lanzaron la moneda (el 75 %) e informaron de que así fue como habían tomado la decisión; no obstante, el porcentaje de lanzadores de moneda que se asignaron a sí mismos la mejor tarea fue el mismo. Batson afirma que «resultan obvios los beneficios de la hipocresía moral para uno mismo: uno puede cosechar las recompensas materiales derivadas de actuar de manera egoísta y a la vez granjearse los beneficios sociales y de autoestima asociados a ser visto y verse a sí mismo como alguien recto y ético».

Los participantes que habían puntuado alto en varios test de responsabilidad moral eran los que con mayor probabilidad lanzaban la moneda, pero,

entre los lanzadores, tenían la misma probabilidad de asignarse a sí mismos la mejor tarea que los que habían puntuado más bajo en los mismos test. Por tanto, los que tenían un mayor sentido de *responsabilidad moral* no mostraron signos de una mayor *integridad moral*; ¡en realidad, mostraban signos de una mayor hipocresía! Tenían más probabilidades de *aparentar* ser éticos (lanzar la moneda) pero no de *serlo* realmente (permitir que fuese el lanzamiento de la moneda el que determinase la asignación de tareas).

El único momento en que los participantes dejaron de hacer trampas con el lanzamiento de la moneda (y todos lo hicieron) fue cuando tomaron la decisión mientras estaban sentados frente a un espejo. Al parecer, tener que afrontar la discrepancia entre la propia convicción moral declarada de ser justo y el hecho de ignorar abyectamente el resultado del lanzamiento de la moneda era demasiado. Los que deseaban aparentar conducta ética tenían que ser realmente éticos. Tal vez necesitemos más espejos. Que también podrían ser de ayuda en el problema de la obesidad.

De acuerdo, entonces nos mentimos a nosotros mismos y nos cuesta mucho detectar a otros mentirosos. No son buenas noticias para nuestra investigación sobre el intercambio de chismorreos. Quizá deberíamos apuntarnos a uno de los cursos de Paul Ekman* sobre cómo pillar a los mentirosos, pero mientras tanto, al menos podemos fijarnos en las cejas y saber que nuestros compañeros de trabajo no detectarán fácilmente nuestras mentiras, a menos que nos traicione la ansiedad por lo mucho que nos jugamos en la oficina.

## VUELTA AL CEREBRO GRANDE Y ESTRATEGIA MASCULINA DE APAREAMIENTO

Geoffrey Miller, psicólogo evolutivo de la Universidad de Nuevo México, tiene un problema con el lenguaje. No es que no pueda hablar, lo hace de maravilla. Tiene interés en saber por qué evolucionó. La mayor parte del habla parece transmitir información provechosa del hablante al receptor, para lo cual se requiere tiempo y energía. Da la impresión de ser algo altruista. ¿Qué beneficio adaptativo puede alcanzarse al proporcionar buena información a otro individuo? Invocando el argumento de Richard Dawkins y John Krebs, Miller afirma que «la evolución no puede favorecer la conducta de compartir información de forma altruista del mismo modo que no puede favorecer la de compartir comida de forma altruista. Por lo tanto, las señales emitidas por la ma-

* En <www.ekmangrouptraining.com>.

yoría de animales deben de haber evolucionado para manipular la conducta de otro animal en beneficio del emisor».[75] Y otros animales habrán evolucionado para ignorar tales señales, porque no sale a cuenta escuchar a manipuladores. Los que lo hicieron no son antepasados de nadie.

Existen unas cuantas señales a las que se da crédito: las que son fiables. Son las que dicen: «Soy venenoso», «soy más rápido que tú» o «ni se te ocurra, soy más fuerte que tú». Luego están los avisos de los parientes, como «¡hay un leopardo!» y los indicadores de adaptación, como «¿has visto mi cola, preciosa?». Miller llega a la conclusión de que, en la medida en que haya incentivos para el engaño, no hay modelos creíbles demostrativos de que la evolución favorece las señales que transmiten información de cualquier otro tipo. Y cuando hay competencia, siempre hay incentivos para el engaño. El lenguaje humano es un semillero de engaños, porque puede hablar sobre otro tiempo y lugar en el que el receptor no estaba presente, como por ejemplo: «La trucha que pesqué ayer medía más de tres palmos» o «te dejé un muslo de gacela en ese árbol que hay más allá de la colina. Oh, vaya, ¿no está? Habrá sido aquel león». «Sólo lo ha conducido mi abuela, para ir a la tienda y volver». Y el tristemente famoso «ayer por la noche estuve trabajando en la oficina hasta tarde».

¿Cómo es posible que haya evolucionado la conducta de compartir información de forma altruista? Al compartir información, el emisor no pierde necesariamente ventaja alguna. De hecho, la conducta de compartir información puede haberse beneficiado de la selección de parentesco y el altruismo recíproco. Aunque Miller reconoce que esto es en gran parte exacto y que es probable que el lenguaje lo surgiera así al principio, sus observaciones de la conducta real de las personas no encajan muy bien con las predicciones de los modelos de parentesco y altruismo recíproco. Si nos fijamos en el lenguaje como transmisión de información, proporciona más ventajas al receptor que al emisor, y por tanto deberíamos haber desarrollado mucha capacidad para escuchar y poca predisposición a hablar. En vez de no soportar a los charlatanes, a los monologuistas ensimismados o a los oradores que divagan un cuarto de hora más del tiempo que les toca, deberíamos irritarnos ante las personas que nos miran atentamente, absortas con lo que decimos, y que no hacen ningún esfuerzo por decir nada sobre sí mismas. Todo el mundo tiene algo que decir, y durante las conversaciones las personas a menudo están pensando en lo que van a decir a continuación más que escuchando a su interlocutor. Se han escrito libros enteros sobre etiqueta para establecer las reglas sobre quién puede hablar y cuándo. Deberíamos haber desarrollado grandes orejas y un aparato de fonación meramente rudimentario para poder absorber lo máximo, en vez de la sofisticada habilidad de usar un lenguaje y el oído más bien tosco que poseemos.

Ante este enigma, Miller sugiere que las complejidades del lenguaje han evolucionado para el cortejo verbal. Esto resuelve el problema del altruismo, al proporcionar una recompensa sexual para el discurso elocuente por parte del macho y la hembra. «La complejidad del lenguaje podría haber evolucionado por una combinación de selección sexual desbocada, sesgos mentales a favor de los pensamientos bien articulados, y efectos de indicador de eficacia biológica.»[75] Miller no da a entender que la selección sexual dé cuenta del cerebro grande en su totalidad, quizá sólo de un 10 %.

Una teoría relacionada con la anterior es la propuesta por el antropólogo Robbins Burling, que se pregunta por qué, cuando todo lo que se requería para la caza, el comercio y la fabricación de herramientas era una forma de lenguaje rudimentaria, emergió una forma más compleja. Burling sugiere que, tras la aparición del lenguaje, el aumento de su complejidad derivó de la competencia por el estatus social entre oradores masculinos, con ventajas reproductoras como premio para el más elocuente. Enumera las pruebas de estas ventajas reproductoras en diversas sociedades, desde los yanomami a la sociedad hindú o la Grecia antigua. Aunque su teoría aborda en buena parte la cuestión del liderazgo, concluye que «necesitamos nuestro mejor lenguaje para conseguir amantes».[76]

*Espera un momento. ¿Estás diciendo que el cerebro grande sirve para flirtear? Entonces, ¿significa esto que los franceses son los que tienen los cerebros más grandes?*

Podría ser. Pero dejémonos de tópicos, estamos intentando exponer un estudio científico.

Consideremos lo implicado en el cortejo humano. Si tienes una conversación casual con alguien, esta persona puede mostrarse algo escéptica. Sin embargo, en el cortejo hay mucho en juego. Si tienes éxito, el premio puede ser tener descendencia. Hay que sacar el armamento pesado, porque tu interlocutora será crítica en todos los frentes. Evaluará automáticamente si lo que dices tiene sentido, si concuerda con lo que ella sabe y con lo que cree, si tiene algo de interesante o novedoso y si de ello puede inferirse inteligencia, educación, sabiduría social, estatus, conocimiento, creatividad, sentido del humor, personalidad y carácter. Con ella no va a funcionar lo de «¿qué te parecen mis calcetines?». ¿Recuerdas cuánto tiempo tardó Bill Murray en culminar el cortejo de Andie MacDowell en *Atrapado en el tiempo*?*

* Película estadounidense del año 1993, dirigida por Harold Ramis, en la que el egocéntrico hombre del tiempo de una cadena de televisión (Bill Murray) se ve atrapado en un bucle temporal, condenado a vivir siempre el mismo día. Entonces se da cuenta de que está enamora-

El cortejo verbal no se limita a los encuentros entre dos personas. Hablar en público también supone una oportunidad para hacer publicidad de tus encantos y tu estatus, como cualquier actividad que mejore tu caché intelectual. Como afirma Miller, «el lenguaje pone tu mente a la vista de todos, de modo que, por primera vez en la historia de la evolución, tus elecciones sexuales pueden verla claramente».[75]

Esto resulta un poco confuso. Si los chicos tienen tanta labia, ¿de dónde viene su fama de poco comunicativos? Y si la evolución selecciona a los machos por sus habilidades en el cortejo verbal, ¿cómo es posible que sean las mujeres las que tienen fama de ser grandes habladoras? Bueno, recordemos que el cortejo verbal es una calle de doble sentido y que está considerado un indicador de eficacia biológica. Eso significa que es difícil y costoso con respecto al tiempo y la energía que podrían emplearse en competir por los recursos necesarios para la supervivencia. Una vez que ha encontrado a su pareja, al macho no le sale a cuenta continuar con su gran actuación. En vez de hablar por los codos, puede arreglárselas con un par de frases, a menos que se le deje sin sexo; en ese caso quizás haya un retorno al lenguaje florido. Las mujeres, sin embargo, tienen un incentivo para continuar su cortejo verbal, porque quieren conservar al macho cerca para que les ayude a mantener a su descendencia.

## ¿JUEGO SOCIAL Y TAMAÑO CEREBRAL?

He aquí una cuestión difícil de resolver. ¿Cuál es el objetivo del juego social? Emplea un montón de energía y tiempo, ¿con qué fin? Nadie sabe realmente la respuesta a esta pregunta, pero hay muchas ideas en disputa. Generalmente, se piensa que el objetivo de la mayor parte del juego animal es practicar: practicar la persecución, la caza y la huida, una manera de ponerse físicamente en forma,[77,78] de desarrollar habilidades motoras y cognitivas,[79] de afinar las habilidades [80,81] para el combate y de desarrollar una mejor capacidad física para recuperarse de impactos repentinos, como la pérdida de equilibrio y la caída, amén de una mayor capacidad emocional para afrontar situaciones estresantes.[82] Pensemos en una camada de gatitos. Sin embargo, Elisabetta Palagi, de la Universidad de Pisa, cree que las teorías sobre el juego se han centrado dema-

do de su productora (Andie MacDowell) y la quiere conquistar, y hasta que no lo logra no consigue escapar del bucle temporal. *(N. del t.)*

siado en los beneficios a largo plazo y poco en los inmediatos, y cree que esta atención podría haber limitado la comprensión de parte del significado adaptativo del juego. Éste podría ser el caso especialmente de la conducta de juego entre los adultos. Aunque la conducta de juego es común sobre todo en los animales jóvenes, en muchas especies, como los chimpancés, los bonobos y los seres humanos, los adultos también juegan.

Pero ¿por qué lo *hacen*? ¿Por qué juegan los adultos cuando ya no necesitan practicar? En un estudio con la colonia de chimpancés del ZooParc de Beauval en Saint-Aignan-sur-Cher, Francia —diez adultos y nueve chimpancés inmaduros—, Palagi observó que los chimpancés no sólo se despiojaban unos a otros especialmente justo antes de la hora de comer, sino que los adultos y los jóvenes también jugaban juntos, especialmente antes de la hora de comer.[83] Los chimpancés son competitivos, y para ellos la hora de comer es muy estresante. El despioje estimula la liberación de beta-endorfinas.[84, 85] A juicio de Palagi el despioje y el juego podrían limitar las agresiones e incrementar la tolerancia, una contribución al control de conflictos durante periodos de estrés elevado. Éste sería un beneficio inmediato más que a largo plazo, y resulta beneficioso tanto para los más jóvenes como para los adultos.

Los seres humanos llevan el juego social a cotas más elevadas que los chimpancés y los bonobos. Otra teoría sobre el juego adulto es la de Geoffrey Miller, nuestro experto en selección sexual. Miller sugiere que el coste añadido de jugar a partir de cierta edad lo hace un indicador fiable de juventud, energía, fertilidad y adaptación. «Mira, tiene el ojo puesto en esa jovencita, y de repente ahí lo tienes, haciendo surf y jugando al tenis de nuevo. Se comporta como un adolescente.» De hecho, Miller asegura que la capacidad de inventar y apreciar nuevas maneras de exhibir forma física —verbigracia: el deporte, la intersección de la mente y la fuerza física— es una capacidad exclusivamente humana.[75] El deporte es otro universal humano: todas las culturas lo tienen. Como ocurre con otros animales, los machos humanos practican deportes más competitivos que las hembras. Con el fin de evitar que los competidores se maten entre ellos, y para determinar quién es el ganador, los deportes tienen sus reglas, aunque a veces no nos lo parezca, como cuando vemos un partido de fútbol. Las recompensas monetarias son una invención reciente. En el pasado, la única recompensa era el estatus, que ya era bastante premio. Ganar en los deportes es un indicador fiable de eficacia biológica, y la recompensa es atraer parejas sexuales de primera calidad.

## CONCLUSIÓN

Lo que caracteriza al ser humano es el giro que le llevó a convertirse en un ser extremadamente social. Hay montones de animales que tienen algún grado de organización social, pero ninguno se vuelca en ella del modo en que lo hacemos nosotros. A medida que nuestro cerebro se fue haciendo más grande, también fue creciendo el tamaño de nuestro grupo social. Algo desencadenó nuestro interés en el tipo de enfrente, en vivir y cooperar en el interior de grupos. Richard Wrangham tiene una seductora teoría sobre la acción de cocinar los alimentos como facilitadora de un cambio enorme en la vida de los primates. Otras ideas incluyen la necesidad de combatir a los depredadores y encontrar comida. Al margen de cuál sea la razón, en la actualidad otros autores sostienen que nuestras capacidades cognitivas superiores surgieron como adaptaciones a nuestras recién evolucionadas necesidades sociales. La comprensión de lo que significa ser social es fundamental para entender la condición humana.

Ahora que entendemos la importancia de los grupos sociales, es fácil comprender por qué surgieron los debates en torno a la cuestión de si la selección natural podría actuar también sobre grupos y no únicamente sobre los individuos. Es una discusión compleja, y hay mucho que decir no sólo sobre los dos bandos en disputa, sino también sobre los intentos de reconciliarlos en forma de teorías que cubran ambos aspectos de la cuestión. Sin embargo, sea cual sea el modo en que pueda alcanzarse una solución aceptada por todos sobre estas cuestiones, aquí estamos con nuestro cerebro grande, viviendo en y por grupos sociales, y viviendo mejor gracias a ello. A medida que avanzamos, comprendiendo hasta qué punto nuestra naturaleza social está profundamente enraizada en nuestra biología y no meramente en nuestras teorías cognitivas sobre nosotros mismos, empezamos a entender por qué el resto de nuestro bagaje humano nos ayuda a orientarnos en el laberinto social.

rel social biología y cognición

# Capítulo 4
# LA BRÚJULA MORAL EN NUESTRO INTERIOR

*Tienes el sentido moral de un conejo, el carácter de una babosa y el cerebro de un ornitorrinco.*

CYBILL SHEPHERD, como *Maddie en la serie de televisión*
Luz de luna, *1985*

Si apareciese un marciano y se pusiera a ver contigo en la televisión el informativo de la noche, seguramente necesitaría un número ilimitado de martinis para creer que los seres humanos no somos inherentemente violentos, amorales y carentes de propósitos. El presentador continúa recitando las noticias monótonamente. Empieza por los sucesos locales, con los robos, los atracos y los asesinatos, la violencia doméstica y las corruptelas en el gobierno municipal, y luego prosigue con las noticias internacionales, con las decapitaciones en Irak, los bombardeos en represalia por parte de Estados Unidos, las hambrunas en África, la epidemia del sida, la tragedia de los inmigrantes ilegales y un larguísimo etcétera. «Cielo santo», exclamaría el marciano, «los de tu especie sois mala gente». ¿Lo somos realmente?

Hay aproximadamente seis mil millones de personas en el mundo, y estas seis mil millones de personas se llevan más o menos bien entre ellas. ¿Significa eso que todos y cada uno de los seis mil millones de individuos se llevan bien los unos con los otros? Si suponemos que en el cesto hay sólo un 1 % de manzanas podridas de un tipo u otro, ello equivale a sesenta millones de personas que causan problemas a todos los demás. Esto representa un montón de maldad, y si fuese un 5 %, se deduce fácilmente que habría trescientos millones de individuos problemáticos en el mundo. Hay material para los informativos por todas partes, y por alguna razón queremos saber de estos problemas, no de las alegrías de la condición humana.

Nos quedamos con el hecho extraordinario de que, de un modo u otro, por lo menos el 95 % de nosotros nos llevamos bien y poseemos cierto tipo de mecanismos comunes que nos guían a través de los intrincados laberintos y

complejidades sociales de la vida cotidiana. Recuerdo el día en que mi hija y yo estábamos caminando por una callejuela de Pekín. Nos habían guiado hasta los grandes bulevares junto a la plaza de Tiananmen, y todo parecía grande y proporcionado. Pero cuando tomamos esa calleja para experimentar un poco el comercio del lugar, nos quedamos estupefactos ante la densidad de personas, entre las que llamábamos la atención tanto por la estatura como por el porte. Pero también nos sorprendió lo rápidamente que nos adaptamos, cómo ambos nos convertimos en parte del torrente humano y el medio social en cuestión de minutos. Con sólo cruzar la calle y comprar algo, todo fluyó con facilidad y naturalidad. He tenido encuentros mucho más extraños en Canal Street, en Nueva York, que en Pekín.

Como especie, no nos gusta matar, engañar, robar ni abusar de otros. Dejamos de lado nuestros asuntos para ayudar en tragedias, emergencias y cosas por el estilo. De hecho, los que trabajan en servicios de urgencias, como los miembros de las patrullas forestales que rescatan a personas extraviadas, tienen que recibir entrenamiento específico para no hacerse los héroes, no correr riesgos innecesarios para salvar las vidas de otros. Hay que mentalizar y alienar a los soldados para que sean capaces de matar. En el ejército, la bebida no se usa para aliviar el dolor sino para desinhibir, con el fin de que se puedan llevar a cabo actos tan horrendos. Entonces, ¿por qué somos básicamente un hatajo de animales buenos?

A los seres humanos nos gusta considerarnos seres racionales. Nos gusta la idea de que, si se nos presenta un problema, podemos imaginar una lista de soluciones, de pros y contras, evaluar cada uno de ellos y a continuación decidir cuál es la mejor decisión. Al fin y al cabo, es nuestra racionalidad lo que nos permite no ser «como animales». Pero ¿en verdad nos decidimos por la mejor solución porque es la más racional? Cuando estamos presentando nuestra lista de opciones, ¿por qué nuestros amigos nos preguntan, «qué te dice tu instinto»?

Cuando se nos plantea una decisión moral, ¿es nuestro yo racional el que da un paso al frente y toma la decisión, o nuestro instinto, nuestro yo intuitivo, dicta primero el juicio, y nuestro yo racional intenta a continuación aportar las razones? ¿Tenemos un conjunto de creencias morales en las que basamos nuestras decisiones racionales? Y, si es así, ¿de dónde salen? ¿Surgen intuitivamente de nuestro interior, o conscientemente de nuestro entorno? ¿Salimos de la cadena de montaje equipados con un equipo estándar de instintos morales, o éstos son accesorios de repuesto?

Los grandes filósofos de la historia han debatido sobre estas cuestiones durante siglos. Platón y Kant creían que la conciencia racional es la responsa-

ble de nuestras acciones morales. Hume prefería hablar de un sentimiento inmediato de tipo emocional sobre lo que está bien y lo que está mal. Hasta hace muy poco, todo lo que podíamos hacer era discutir acerca de estas ideas sin prueba concreta alguna, pero las cosas han cambiado. Con nuestras técnicas de investigación actuales, podemos contestar muchas de estas cuestiones. En lo que sigue, vamos a descubrir más cosas sobre nuestros yos intuitivos y cómo influyen éstos en nuestras decisiones morales. Vamos a ver que en realidad tenemos una programación ética innata, fruto de la selección natural, y analizaremos en qué consisten estos programas éticos. Veremos de qué modo nuestro mundo social los determina y convierte —en ciertas culturas, aunque no en todas— algunos de ellos en virtudes.

## ¿Tenemos una programación ética innata?

Para empezar, plantearé un dilema ético, diseñado por investigadores para demostrar nuestro juicio moral intuitivo. Jonathon Haidt, el brillante psicólogo de la Universidad de Virginia que conocimos en el capítulo 3, ha ideado una provocativa pregunta que formula a sus estudiantes.

Julie y Mark son hermanos. Están recorriendo Francia juntos durante las vacaciones de verano de la universidad. Una noche se alojan solos en una casa cerca de la playa. Deciden que resultaría interesante y divertido hacer el amor. Como mínimo, sería una experiencia nueva para ambos. Julie lleva tiempo tomando anticonceptivos, pero además Mark usa un condón, sólo para mayor seguridad. Ambos disfrutan haciendo el amor, pero deciden no hacerlo nunca más el uno con el otro. Mantendrán lo sucedido esa noche como un secreto especial, que les hace sentirse aún más cerca el uno del otro.[1]

La pregunta que se les plantea a los estudiantes es: ¿Está bien que Julie y Mark hagan el amor? La historia está concebida para poner a prueba los instintos e intuiciones morales más profundos de cada uno. La mayoría de las personas dirían que está mal y que es repugnante. Pero Haidt ya lo sabía antes de empezar su experimento. Su intención era escarbar más a fondo, llegar al razonamiento de raíz, si lo hay, que todos tendríamos que usar. Así que presiona a sus estudiantes para que respondan: «Decidme por qué. ¿Qué dice vuestro cerebro racional?». Como era de esperar, muchos responden que la endogamia puede producir un hijo deforme o que los protagonistas podrían sufrir daños emocionales. Recordemos, sin embargo, que utilizaron dos métodos anticonceptivos, así que éste no es el problema; también sabemos de antemano que no sufrieron daños emocionales sino que, de hecho, acabaron más unidos. Haidt nos dice

que, al final, la mayoría de los estudiantes vienen a decir: «No sé por qué, no puedo explicarlo, simplemente sé que está mal». Pero si está mal, y no podemos explicar por qué, ¿se trata de un juicio racional o intuitivo? ¿Hemos aprendido de nuestros padres, o de la cultura o la religión, que es moralmente incorrecto tener relaciones sexuales con nuestros hermanos o hermanas porque puede ocasionar defectos de nacimiento, o es un conocimiento innato que a duras penas podemos rechazar con argumentos racionales?

¿De dónde viene el tabú del incesto? Los tabús del incesto son uno de esos universales humanos de los que hablábamos en el capítulo anterior. Todas las culturas tienen esos tabús. Edward Westermarck, en 1891, explicó cómo podrían haber evolucionado. Como los seres humanos no pueden reconocer a sus hermanos automáticamente, por ejemplo usando la vista, sugirió que, a lo largo de la evolución, desarrollaron un mecanismo innato cuya función es desalentar el incesto. Este mecanismo operaría provocando en las personas desinterés o aversión hacia las relaciones sexuales con aquellos con quienes han pasado mucho tiempo durante la infancia.[2] La mayoría de las veces, este mecanismo conseguirá evitar el incesto. Esta regla predice que, además de entre los hermanos de sangre, tampoco se darán matrimonios entre los amigos de la infancia y los hermanastros que han crecido juntos.

Una confirmación de esta idea la proporcionan los *kibbutz* israelíes,[3] en los que se crían juntos niños no emparentados. Entablan amistad para toda la vida, pero muy raramente se casan. Se ha encontrado otra prueba de esta teoría en la antigua costumbre, entre algunas familias de Taiwán, denominada «matrimonio *shimpua*», por la que la familia cría la futura esposa de su hijo desde la infancia. Esta práctica a menudo desemboca en matrimonios sin descendencia, simplemente porque los miembros de la pareja no se sienten atraídos sexualmente.[4]

Debra Lieberman, psicóloga evolutiva de la Universidad de Hawái, profundizó en estos hallazgos.[5] Estaba interesada no sólo en el reconocimiento del parentesco en relación con el incesto y el altruismo recíproco, sino también en cómo los tabúes personales frente al incesto («el sexo con mi hermano o hermana está mal») se convierten en rechazo generalizado («el incesto está mal para todo el mundo»). ¿Viene de los padres o la sociedad, o surge espontáneamente de nuestro interior? Lieberman pidió primero a sus sujetos que rellenaran un cuestionario sobre su familia, y a continuación que juzgaran de menos a más moralmente perverso cada uno de diecinueve actos realizados por terceras personas, de entre una lista que incluía el incesto entre hermanos, la corrupción de menores, fumar droga y el asesinato. Descubrió que había una sola variable que predecía significativamente el grado de perversión moral que

un sujeto atribuiría al incesto de terceros. Era la duración del tiempo, durante la niñez y la primera adolescencia, que se hubiera pasado viviendo bajo el mismo techo con un hermano del sexo opuesto. Cuanto más tiempo hubiera vivido uno en la misma casa con un hermano del sexo opuesto, mayor era el grado de perversión moral que se atribuía al incesto de terceras personas. El juicio no resultaba afectado por el grado de parentesco (uno de los hermanos podía ser adoptado o ser un hermanastro); por la actitud de los padres, el sujeto o los miembros de su grupo ante la conducta sexual; por la orientación sexual; ni por el tiempo que llevaban casados los padres.

Esto es importante para el tema que nos ocupa porque la reprobación moral del incesto en general no se intensificaba a causa de la educación aprendida de la sociedad o de los padres, ni del grado de consanguinidad entre los hermanos. Se intensificaba sólo debido a la cantidad de tiempo que el sujeto había pasado bajo el mismo techo con sus hermanos (carnales o no) durante su crianza. No se trata de una conducta y una actitud aprendidas racionalmente, que nos hayan enseñado nuestros padres, nuestros amigos o nuestro mentor religioso. Si fuese racional, no se aplicaría a hermanos adoptados o a hermanastros. Es un rasgo que ha sido seleccionado porque funciona en la mayoría de situaciones para no producir una descendencia menos saludable por motivos de endogamia y expresión de genes recesivos. Nos viene de fábrica.

Sin embargo, nuestro cerebro racional consciente no sabe nada de todo esto. Nuestro cerebro consciente siempre funciona con lo mínimo que necesita saber, y todo lo que necesita saber es que los hermanos están teniendo relaciones sexuales y que eso está mal. Cuando nos preguntamos «¿Por qué está mal?», la cosa empieza a ponerse interesante. En ese momento estamos activando nuestro sistema de razonamiento consciente: nuestro intérprete, que no conoce la respuesta que acabamos de ofrecer más arriba a menos que hayamos estudiado recientemente la bibliografía sobre evitación del incesto. No hay problema, ¡el cerebro igualmente generará las razones que hagan falta!

Esto es pertinente para las investigaciones que he realizado con personas a las que han extirpado el cuerpo calloso, la conexión entre los dos hemisferios de su cerebro, por razones médicas. Lo que hace este procedimiento quirúrgico es aislar el hemisferio derecho de los centros del habla, que habitualmente están en el hemisferio izquierdo, de manera que el derecho no sólo no puede comunicarse con el izquierdo, sino que no puede hablar con nadie más. Provistos del equipo adecuado, podemos decir al hemisferio derecho que haga algo presentándole una instrucción visual a un ojo, como por ejemplo «coge un plátano». El hemisferio derecho controla los movimientos motores del lado izquierdo del cuerpo, de modo que la mano izquierda cogerá el plátano. Si

entonces le preguntamos a la persona «¿por qué has cogido el plátano?», responde con los centros del habla del hemisferio izquierdo, pero éste no sabe por qué la mano izquierda ha cogido el plátano, porque el hemisferio derecho no le puede decir que ha leído la orden de hacerlo. El hemisferio izquierdo recibe la aferencia visual de que efectivamente hay un plátano en la mano izquierda. ¿Responderá que «no tengo ni idea»? ¡Qué va! Dirá algo así como «es que me gustan los plátanos», o «tengo hambre» o «no quería que cayese al suelo». A esto le llamo el módulo intérprete. El juicio intuitivo surge automáticamente, y cuando se pide una explicación, aparece el intérprete para dar una explicación racional, dejándolo todo claro y en orden.

Otro factor que parecemos entender intuitivamente es la intención en los intercambios sociales. Esto significa que si en un intercambio social alguien no actúa con reciprocidad sin querer, no es considerado un tramposo, pero sí lo es alguien que no actúa con reciprocidad intencionadamente. Niños de 3 y 4 años juzgan como «mala» una acción en una historia de intercambio social si la conducta se llevó a cabo a propósito, pero no la juzgan así si fue por casualidad.[6] Los chimpancés son capaces de juzgar la intención con que se realiza una acción: cuando alguien intenta coger comida para ellos pero no puede alcanzarla, no se enfadan, pero sí se enfadan cuando alguien puede alcanzarla pero no lo hace.[7] Lawrence Fiddick, profesor de psicología en la Universidad James Cook de Townsville, en la provincia de Queensland, Australia, ha demostrado que, en la detección de tramposos en situaciones de intercambio social, los individuos detectan a los tramposos intencionados en mayor grado que a los accidentales, mientras que en los contratos cautelares (como «si vas a trabajar con perros, necesitas vacunarte contra la rabia»), el grado de detección de los intencionados y los accidentales es el mismo.[8] Esta capacidad de detección fue prevista por Fiddick, partiendo de su hipótesis de que hay dos circuitos innatos distintos en el cerebro, uno para las situaciones de intercambio social, en las que resulta beneficioso no detectar los engaños accidentales, y uno distinto para las medidas cautelares, en las que resulta más beneficioso detectar todos los engaños. Si en el cerebro todo fuese razonamiento lógico, seríamos capaces de detectar a los tramposos en ambas circunstancias por igual, independientemente de la intención.

## NO ES TODO RACIONAL

Ciertos datos adicionales confirman que no todo es toma racional de decisiones, empezando por alguien originario de Vermont que vivió en el siglo XIX.

Phineas Gage era capataz en las obras de construcción del ferrocarril; trabajador, conocedor de su oficio, de buenas maneras, respetuoso de las leyes y respetado a su vez. Una mañana de septiembre de 1848 salió hacia su trabajo sin saber que estaba a punto de tener un mal día de manual y de convertirse en el superviviente más famoso de un trauma neurológico. Esa mañana había que pulverizar unas rocas con pólvora, para despejar el camino a las vías. Alguien perforó un agujero en la roca y lo llenó de pólvora. A continuación debía adjuntarse una mecha, cubrirla con arena y aplanarla con una larga barrena de acero, y entonces hacer detonar la carga. Desgraciadamente Phineas estaría distraído, porque empezó a aplastar la pólvora antes de añadir la arena; la pólvora estalló, proyectando la barrena de acero en una trayectoria a través de la cabeza de Gage. La barrena penetró por la mejilla izquierda, pasó por la cuenca del ojo, atravesando porciones de sus lóbulos frontales y salió por la parte superior de su cráneo, aterrizando a unos veinticinco metros detrás de él.

No era ninguna barrenita de nada. Medía más de un metro de largo, pesaba unos seis kilogramos y tenía unos tres centímetros de diámetro en un extremo, y en el otro una punta de un metro de largo que se afilaba hasta un diámetro de medio centímetro. Se conserva en el museo de la medicina de Harvard. Parece increíble, pero Gage estuvo inconsciente durante sólo unos quince minutos, pasados los cuales fue capaz de hablar con coherencia y uso de razón. Al día siguiente, el periódico local informó de que no sentía ningún dolor.[9] Gracias a los cuidados de su médico, el doctor John Martyn Harlow, sobrevivió a la herida y a la subsiguiente infección, y pasados dos meses pudo volver a su casa de Lebanon, Vermont, si bien tardaría mucho más tiempo en recuperar su vigor.

Aunque todo esto ya es lo bastante extraordinario, no explica la fama de Phineas Gage. Él había cambiado. Su memoria y su razonamiento eran los mismos, pero su personalidad estaba a años luz del hombre afable que había sido. «Ahora era inconstante, irreverente y groseramente sacrílego, y no mostraba ninguna consideración hacia sus semejantes. También se revelaba impaciente y obstinado, y a la vez caprichoso y vacilante, incapaz de llevar a cabo ninguno de los planes que se proponía para el futuro. Sus amigos decían que ése "ya no era Gage"».[10] Ya no se comportaba en absoluto de manera socialmente aceptable. Cierta porción de su cerebro había sido dañada, y eso había originado ese cambio, pese a que la capacidad de razonamiento y la memoria estaban intactas.

Más recientemente, Antonio Damasio y sus colegas han tratado a una serie de pacientes «tipo Gage», con lesiones similares (aunque a consecuencia de cirugía o de traumas en vez de barrenas de acero), y todos tienen algo en co-

mún: el de haber dejado de ser ellos mismos y haber perdido su capacidad de actuar de un modo socialmente aceptable. El primero era un paciente llamado Elliot,[11] a quien extirparon un tumor en los lóbulos frontales. Antes de la operación quirúrgica, era un marido, padre y empleado responsable. Pocos meses después, su vida se había convertido en un caos. Había que sacarle de la cama a la fuerza, era incapaz de controlar la duración de su jornada laboral, no podía hacer planes para el futuro inmediato o lejano, sus finanzas eran un desastre y su familia le había dejado. Había acudido a varios médicos que no sabían qué hacer con él, porque todos los test que había hecho demostraban que su cerebro funcionaba a la perfección. Su puntuación en los test de inteligencia estaba por encima de la media, y cuando se le planteaban problemas, ideaba bien elaboradas listas de posibles soluciones. Sus capacidades sensoriales y motoras permanecían intactas, al igual que la memoria convencional, el habla y el lenguaje. Sin embargo, Damasio reparó en que mostraba una afectividad desconcertada, es decir, sus emociones, tanto primarias como sociales, estaban gravemente deterioradas.

Elliot ya no podía funcionar de un modo socialmente aceptable. Le costaba horrores tomar decisiones apropiadas, y según la hipótesis de Damasio, la explicación era que ya no tenía emociones. Damasio propuso que, cuando tomamos una decisión, cuando se nos presenta una opción, se produce una respuesta emocional. Si es una emoción negativa, la opción es eliminada de toda consideración antes de que empiece el análisis racional. Damasio sugirió que las emociones desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones, y que el cerebro totalmente racional no es un cerebro completo. Estos hallazgos han contribuido a una reevaluación de la contribución de las emociones en el proceso de toma de decisiones. Resulta que, con independencia de cuántas ideas racionales sea capaz de tener una persona, la emoción es necesaria para tomar la decisión, y eso incluye las decisiones sobre dilemas morales.

## Tomar decisiones

La gente toma decisiones todo el tiempo. *¿Me levanto ahora o me quedo dormitando un poquito más? ¿Qué me pongo hoy? ¿Qué voy a tomar para desayunar? ¿Hago ejercicio ahora o más tarde?* Son tantas decisiones que ni siquiera nos damos cuenta de que las tomamos. Conduciendo hacia el trabajo, decides cuándo poner el pie en el acelerador, en el freno y en el embrague. También estás ajustando la velocidad y la ruta para llegar a tiempo, moviendo el dial de la radio, tal vez hablando por el móvil. Lo que resulta interesante y perturba-

dor es que tu cerebro puede pensar conscientemente en una sola cosa a la vez. Todas esas otras decisiones se toman automáticamente.

Hay dos tipos de procesos automáticos. Conducir es un ejemplo de proceso intencional (tienes la intención de ir conduciendo al trabajo) y dirigido a un fin (llegar a tiempo) que hay que aprender durante un cierto tiempo hasta que se convierte en automático; lo mismo que tocar el piano o ir en bicicleta. El segundo tipo es el procesamiento preconsciente de acontecimientos perceptivos: percibes un estímulo al ver, oír, oler o tocar algo, y tu cerebro lo procesa antes de que tu mente consciente se dé cuenta de que lo has percibido. Este procesamiento tiene lugar sin esfuerzo y sin intención o conciencia. Resulta que lo que hace este procesamiento automático es ubicar todas tus percepciones en una escala que va de lo negativo (la habitación es blanca, no me gusta el blanco) a lo positivo (la habitación es de colores brillantes, me gustan los colores brillantes) e inclinando tus decisiones hacia un lado (hay algo en este sitio que no me va... sigamos buscando) o hacia el otro (seguro que este sitio es bueno, quedémonos a comer aquí). Tu procesamiento automático te ayuda a responder a la pregunta evolutivamente crucial: «¿Debo acercarme o retirarme?». Esto se llama «impronta afectiva», e influye en tu conducta. Si te pregunto por qué no quieres comer en el primer sitio, me darás una razón, pero con toda probabilidad no será «He tenido una vibración negativa en una estancia blanca». Es más probable que sea: «Bueno, es sólo que no me ha parecido muy prometedor».

John Bargh, de la Universidad de Nueva York, situó a unos cuantos voluntarios frente a la pantalla de un ordenador y les dijo que iba a hacer aparecer ciertas palabras en ella. Los sujetos debían pulsar una tecla con su mano derecha si pensaban que era una palabra mala (como «vómito» o «tirano») o una tecla con su mano izquierda si era una palabra buena (como «jardín» o «amor»). Lo que los sujetos no sabían era que en la pantalla también aparecían otras palabras durante una centésima de segundo (demasiado rápido para advertirlas conscientemente) antes de que apareciese la palabra que ellos debían juzgar. Lo que ocurrió fue que si se hacía aparecer primero en la pantalla una palabra negativa inadvertida, seguida de una palabra negativa de la que el voluntario sí era consciente, la respuesta de éste era más rápida si no había impronta previa. Si después de la palabra negativa inadvertida aparecía una palabra positiva, el sujeto tardaba más en pulsar la tecla, pues tardaba más tiempo en recuperarse tras la impresión negativa subliminal.[12] Bargh demostró más tarde que, si presentaba a sus sujetos palabras relativas a conductas groseras y a continuación les indicaba que cuando hubiesen acabado la tarea se lo dijesen a alguien en otra sala, era muy probable que interrumpiesen una conversación mantenida

por esa persona para decírselo (66 % de los participantes) que si no habían recibido la impronta afectiva (38 %), y que si habían recibido una impronta de palabras buenas era aún menos probable que interrumpiesen la conversación (16 %).[13]

La teoría del manejo del error predice la acción de un sesgo que nos llevaría a cometer aquellos errores menos costosos.[14] Al pensar en la evolución, daríamos por supuesto que aquellos que han sobrevivido son los que han reaccionado más rápido, es decir, automáticamente, ante un estímulo negativo, y por tanto la selección natural habría favorecido un sesgo de negatividad. Después de todo, es más importante detectar algo que podría lastimarte, matarte o ponerte enfermo, que reaccionar ante la vista de un matorral repleto de bayas. Siempre habrá otro matorral, pero no si ese león te mata. Entonces, ¡tenemos un sesgo de negatividad! Estupendo. De entre una multitud neutra, los sujetos seleccionarán las caras furiosas más rápidamente que las caras felices.[15] Una cucaracha o un gusano estropearán una buena fuente de comida, pero un manjar delicioso situado encima de un montón de gusanos no hará que los gusanos sean comestibles. Y los actos muy inmorales tienen un efecto negativo imborrable. Se preguntó a estudiantes de psicología cuántas vidas tenía que salvar alguien, cada una de ellas en una ocasión individual y con riesgo de perder la propia, para que le fuese perdonado el asesinato de una persona. La respuesta promedio fue veinticinco.[16]

Este sesgo de negatividad ha sido documentado y analizado por Paul Rozin y Edward Royzman, de la Universidad de Pennsylvania, según los cuales parece que es omnipresente en nuestras vidas. Los estímulos negativos aumentan la presión sanguínea, el gasto cardíaco y el ritmo cardíaco.[17] Con su estudio, Rozin y Royzman logran captar nuestra atención (los periódicos viven de las malas noticias). Somos mejores leyendo las emociones negativas que las positivas en las otras personas. El sesgo de negatividad afecta a nuestro humor, nuestra manera de formarnos impresiones sobre las personas, nuestra búsqueda de la perfección (una pequeña mancha en un incunable hace bajar su valor) y nuestros juicios morales. Tenemos incluso mayor número de emociones negativas que positivas, y más palabras para las sensaciones dolorosas que para las placenteras.[16]

Rozin y Royzman han sugerido que el valor adaptativo de la negatividad tiene cuatro componentes:

1. Los acontecimientos negativos son potentes. ¡Pueden matarte!
2. Los acontecimientos negativos son complejos. ¿Tienes que huir, luchar, quedarte quieto o esconderte?

3. Los acontecimientos negativos pueden ocurrir de repente. ¡Cuidado, una serpiente! ¡Cuidado, un león! Y hay que hacer algo con rapidez (una buena razón para que la selección nos haya dotado del procesamiento automático, que es más rápido).

4. Los acontecimientos negativos pueden ser contagiosos (comida contaminada, cuerpos muertos, personas enfermas).

Antes, cuando hablábamos de las emociones, aprendimos que la información entrante pasa primero por el tálamo y a continuación por las áreas de procesamiento sensorial, y finalmente llega a la corteza frontal. Sin embargo, hay un desvío que pasa por la amígdala y que responde a patrones asociados a peligro en el pasado. La amígdala no sólo afecta a nuestro sistema motor, sino que también puede cambiar nuestro pensamiento. Tu rápida respuesta emocional de miedo, repugnancia o cólera ante la información entrante (negativa), teñirá el modo en que procesarás la información subsiguiente, concentrando la atención en el estímulo negativo. No reparas en que la mozzarella parece fresca, el perejil es aromático y los tomates son rojos y jugosos; piensas *Puaj, hay un cabello grasiento en mi plato, y no voy a comerme esto. De hecho, no voy a volver a comer aquí jamás.* Éste es nuestro sesgo de negatividad.

Hay algunas cosas que nos afectan de un modo positivo, aunque no haya equivalente del estatuto de emergencia conferido a los estímulos negativos. Uno de estos efectos es el asociado al mimetismo inconsciente. Bargh y Tanya Chartrand han descubierto que cuando se asigna a un grupo de personas una tarea junto a un extraño es muy probable que el extraño les guste y las interacciones con él les resulten más gratas cuando aquél copia sus gestos. También tienden a copiar los gestos del extraño sin darse luego cuenta de haberlo hecho.[18] Los investigadores plantean la hipótesis de que el mimetismo automático aumenta la afinidad y sirve para facilitar las interacciones sociales. Cuando conocemos a alguien, tenemos una impresión de él, y estas primeras impresiones son habitualmente casi idénticas a las que nos formamos con un contacto y observación más prolongados.[19] De hecho, diferentes observadores harán una valoración notablemente similar de la personalidad de un extraño, y esta valoración es singularmente acorde con la valoración que el mismo extraño hace de esos rasgos de su personalidad.[20]

El mimetismo es lo que hace que un bebé recién nacido copie las expresiones de su madre, saque la lengua cuando lo hace ella y sonría con ella también. Un efecto positivo relacionado es que tendemos a estar de acuerdo con las personas que nos gustan (cuando tu amiga te dice que su vecina es una imbécil, tiendes a estar de acuerdo con ella), a menos que ese acuerdo dé lugar a

conflictos con lo que sabemos de antemano (conoces a la vecina de tu amiga personalmente y crees que es simpática).[21] Incluso tu postura física afectará inconscientemente a tu sesgo. A las personas les gustarán más los nuevos estímulos si sus brazos están flexionados (aceptando) que si están extendidos (apartando).[22] En un estudio, la mitad de los sujetos tiraban de una palanca hacia sí mismos cuando una palabra era positiva, o la empujaban hacia afuera si era negativa, mientras que la otra mitad hacían lo contrario. Los sujetos reaccionaban más rápidamente ante las palabras positivas cuando tiraban de la palanca hacia ellos. Los experimentadores lo intentaron de nuevo pero con los sujetos divididos en dos grupos, unos tirando de la palanca hacia sí y otros empujándola hacia afuera en todas las palabras. El tiempo de reacción era más breve si los sujetos que tenían que empujar la palanca hacia afuera veían una palabra negativa que si veían una positiva, y con los sujetos que tenían que tirar de la palanca hacia sí ocurrió lo opuesto; su reacción era más rápida ante las palabras positivas.[23] Todas las decisiones que tomamos se basan en si nos aproximamos o nos retiramos, incluidas las decisiones morales. Si es bueno, nos aproximamos; si es malo, nos retiramos; y estas decisiones se ven afectadas por los mecanismos de sesgo, que a su vez pueden suscitar emociones que forman parte del bagaje estándar que los bebés traen de fábrica.

## LA NEUROBIOLOGÍA DE LOS JUICIOS MORALES

Consideremos ahora este escenario, conocido como el dilema del tranvía:

> Un tranvía sin frenos se dirige hacia cinco personas, que morirán atropelladas si prosigue la actual trayectoria. El único modo de salvarlas es accionando un conmutador que dirigirá el tranvía a una vía auxiliar en la que matará a una persona en vez de a cinco. ¿Es moral desviar el tranvía con el objetivo de salvar a cinco personas a cambio de una?

Si eres como la mayoría de la gente, responderás que sí, que es mejor salvar a cinco personas que a una.

> Al igual que en la situación anterior, un tranvía amenaza con matar a cinco personas. Estás situado cerca de un corpulento desconocido, en un puente que cruza por encima de las vías, entre el tranvía que se acerca a toda velocidad y cinco empleados que trabajan en la vía de abajo. Empujar al corpulento desconocido, haciéndolo caer del puente hacia la vía de abajo, detendrá al tranvía. Si lo haces, el

desconocido morirá, pero el tranvía no matará a los cinco trabajadores. ¿Es moral salvar a los cinco empleados empujando al desconocido y causándole la muerte?[24]

Ante este dilema, la mayoría de la gente responderá que no. ¿Por qué esta dicotomía, cuando en ambos dilemas el saldo es de hecho el mismo? ¿Por qué tu intérprete dice que no?

Según Joshua Greene, un filósofo de Harvard reciclado en neurocientífico, porque el primer escenario es más impersonal. Aprietas un botón y no tienes ningún contacto físico. El segundo es personal. Tienes que empujar de veras físicamente al desconocido hacia la muerte. Para resolver este problema, Greene considera nuestro entorno evolutivo. Nuestros ancestros vivían en un entorno formado por pequeños grupos sociales cuyos miembros se conocían unos a otros, los asuntos entre ellos estaban regulados por emociones y todos eran de carácter personal. Tendría sentido entonces que, fruto de la selección natural, hubiésemos desarrollado una respuesta emocional innata a los dilemas morales personales, una respuesta que favorecía la supervivencia o el éxito reproductor. En efecto, cuando empleó imágenes por RMF para observar las áreas cerebrales implicadas en los dilemas anteriores, Greene descubrió que, en el dilema personal, las áreas asociadas a las emociones y la cognición social registraban un aumento de actividad. Los dilemas impersonales no formaban parte de nuestro antiguo entorno, de modo que cuando se enfrenta al dilema impersonal, el cerebro no tiene ninguna reacción automática y se ve obligado a recurrir al pensamiento consciente. En los dilemas impersonales, las áreas asociadas con el razonamiento abstracto y la resolución de problemas mostraban un aumento de actividad.[25]

No obstante, Marc Hauser piensa que en estos dilemas hay otras variables en juego, demasiadas para reducirlos a la dicotomía entre personal e impersonal. Los resultados también pueden explicarse en función del principio filosófico según el cual es permisible causar daño como efecto secundario de la obtención de un bien mayor, pero no usar el daño como un medio para conseguirlo: es decir, los medios no justifican los fines.[26] Entonces, esto es analizar la acción basándose en la intención. En el primer dilema, la intención es salvar al mayor número posible de personas; en el segundo, la intención es no causar daño al inocente transeúnte.

Quizá podríamos describir la cuestión como sigue: accionar el conmutador es emocionalmente neutro, ni bueno ni malo. Por lo tanto, no obtenemos ayuda de ninguna emoción o sesgo intuitivo; entonces, pensamos en el problema racionalmente: uno muere y cinco se salvan es mejor que mueren cinco y se salva uno. En el segundo dilema, no obstante, empujar a un inocente y hacerlo caer de un puente no es algo emocionalmente neutro. Se siente uno mal:

no lo hagas. De hecho, si fueses la persona corpulenta, lo más probable es que ni se te pasara por la cabeza la idea de saltar del puente por iniciativa propia. Muy mal. Jana Borg y sus colegas, del Dartmouth College, decidieron explorar la cuestión más a fondo. Descubrieron que el área implicada en los escenarios personales más difíciles es el surco temporal superior (STS) posterior, mientras que en los más fáciles es el STS anterior. Defienden que el STS posterior se activa en las situaciones que requieren mayor reflexión y en las que uno se encuentra por primera vez, y la parte anterior está más involucrada en las decisiones, más rutinarias, sobre cuestiones previamente resueltas.[27]

## ACTUAR O NO ACTUAR

Empezamos el capítulo observando que tenemos la capacidad de hacer juicios morales de manera rápida, automática. A pesar de que tal vez no seamos capaces de explicarlo de manera lógica, lo intentamos una y otra vez. En el examen de la evitación del incesto, vimos un ejemplo de conducta innata que consideramos moral. En relación con el dilema del tranvía, hemos visto que los juicios morales no son completamente racionales. Dependen de las circunstancias (sesgos automáticos, situaciones personales o impersonales). Dependen de si lo que se requiere es actuar o no actuar. También dependen de la intención y las emociones (el caso de Elliot, el paciente de Damasio). Hemos descubierto que algunos circuitos automáticos se aprenden con el tiempo (conducir), y otros son inherentes (aproximarse o retirarse con un sesgo de negatividad). Los del último tipo pueden verse afectados por las emociones, que también son innatas en grados diversos. Ahora precisamos saber un poco más sobre cómo funciona el cerebro.

En el pasado se creía —y algunas personas, aunque cada vez menos, todavía lo creen actualmente— que el cerebro es un órgano generalista que puede trabajar en cualquier problema con igual habilidad. Ahora bien, si esto fuese cierto, deberíamos asimilar la biología molecular tan fácilmente como aprendemos a hablar, y no deberíamos resolver las preguntas sobre intercambio social de la gran psicóloga evolutiva Leda Cosmides mejor de lo que nos apañamos con las cuestiones de lógica. Resulta que nuestro cerebro tiene circuitos neuronales, desarrollados a lo largo del tiempo evolutivo, que realizan tareas específicas.

El concepto de un cerebro con circuitos especializados en problemas específicos se denomina «teoría del cerebro modular». Escribí por primera vez sobre esta teoría hace años, en mi libro *El cerebro social.* Parecía lógico, al considerar el hecho de que la mayor parte del conocimiento neuropsicológico del

momento destacaba que las lesiones cerebrales focales producían déficits localizados y específicos en los pacientes neurológicos. Si una parte específica del cerebro queda dañada, aparecen trastornos específicos del lenguaje, el pensamiento, la percepción, la atención, etcétera. Y donde estos fenómenos son más espectaculares es en los pacientes de cerebro dividido, lo que prueba que el lado izquierdo del cerebro está especializado en un conjunto de capacidades y el lado derecho en capacidades de otro tipo.

Posteriormente, los psicólogos evolutivos han extendido la idea de modularidad. Cosmides y Tooby, por ejemplo, definen los módulos como «unidades de procesamiento mental que han evolucionado en respuesta a presiones selectivas». No obstante, al considerar la documentación en neurología, resulta evidente que los módulos no son como cubos aislados perfectamente encajados en el cerebro. Los estudios actuales de neuroimágenes cerebrales han demostrado que los circuitos correspondientes a estos módulos pueden estar muy diseminados. Y los módulos se definen por lo que hacen con la información, no por la información que reciben (la aferencia o estímulo que los activa). Está claro que estos módulos evolucionaron, a lo largo del tiempo evolutivo, para responder de modos específicos a estímulos específicos del entorno.

Pero nuestro mundo ha cambiado demasiado rápido para que la evolución alcance a ponerse al día. Están apareciendo más tipos de información, pero los módulos se siguen activando de las mismas viejas maneras que antaño. Aunque el abanico de estímulos es más amplio, ellos siguen con sus respuestas automáticas.

Más aún, el cerebro está constreñido. Hay cosas que simplemente no puede hacer, aprender ni comprender. Por la misma razón, un perro no comprende que te importen tanto los zapatos Gucci que ha estado mordisqueando —después de todo, el cuero es sólo cuero—, ni por qué, pero capta la idea general de que tal vez no haya sido una buena idea. Hay cosas que el cerebro aprende a la primera, y hay otras para las que acaso necesite varios intentos. La idea de que el cerebro no puede hacerlo todo es un concepto arduo, pues es difícil concebir cosas que nuestro cerebro no sea capaz de aprehender. Por ejemplo, lo de «por favor explícame otra vez eso de la cuarta dimensión y lo que has dicho de un tiempo no lineal». El cerebro es fundamentalmente perezoso. Siempre hace el mínimo esfuerzo posible. Y puesto que usar módulos intuitivos es fácil, rápido y requiere el mínimo esfuerzo, éste es el modo en que funciona por defecto.

Muchos investigadores que actualmente estudian la moral y la ética sugieren que tenemos módulos que han evolucionado para afrontar circunstancias específicas comunes a nuestros ancestros cazadores-recolectores.[1] Nuestros an-

cestros vivían en un mundo social compuesto de grupos de individuos en su mayoría emparentados. De vez en cuando, se encontraban con otras bandas de individuos, entre ellos parientes más próximos y parientes más lejanos, si bien todos debían enfrentarse con los problemas de la supervivencia, incluidos los de comer y no ser comidos. Se trataba de un mundo social; por consiguiente, las circunstancias específicas a las que tenían que enfrentarse a menudo conllevaban lo que hoy consideraríamos problemas morales o éticos. Estos módulos producen conceptos intuitivos específicos que nos han permitido crear las sociedades en las que vivimos.

## Los módulos éticos: ¿qué son? ¿De dónde vienen?

La propuesta es que un estímulo induce un proceso automático de aprobación (aproximarse) o desaprobación (retirarse) que puede llevar a un estado emocional en toda regla. El estado emocional produce una intuición moral, que puede impulsar a un individuo a actuar. El razonamiento sobre el juicio o la acción viene después, cuando el cerebro busca una explicación racional para una reacción automática sobre la que no tiene ninguna pista. Este proceso incluye juicios morales, que raramente son el resultado de un verdadero razonamiento moral. Alguna que otra vez, sin embargo, el yo racional participa realmente en el proceso del juicio.

Marc Hauser señala que hay tres escenarios posibles para los procesos intuitivos. En un extremo del espectro de opinión están aquellos que creen que hay reglas morales innatas específicas: matar, robar o engañar está mal; ayudar a los demás, ser equitativos y cumplir nuestras promesas está bien. En el extremo opuesto del razonamiento, algunos sostienen que nacemos sin intuiciones, sólo con la proverbial tabla rasa, la capacidad de aprender reglas morales. Por lo tanto, podríamos aprender con igual facilidad que el engaño y el incesto están bien y que la equidad está mal. Y luego está la posición intermedia, que defiende Hauser, según el cual nacemos con unas cuantas reglas morales abstractas y una disposición a aprender otras, del mismo modo que nacemos con una disposición a adquirir lenguaje. Por lo tanto, nuestro entorno, nuestra familia y nuestra cultura nos circunscriben y guían hacia un sistema moral particular, del mismo modo que hacia un lenguaje particular.

Por lo que hemos estado viendo hasta ahora, el camino de en medio parece el más probable. Para descubrir de dónde vienen esas reglas morales abstractas, Hauser examina las conductas comunes que compartimos con otras especies sociales, como la de ser territoriales; poseer estrategias de dominación para

proteger el territorio; formar coaliciones para conseguir y conservar comida, espacio y sexo; y la reciprocidad. La reciprocidad social, que con los seres humanos alcanza cotas inéditas en el mundo animal, proporciona una mina de ejemplos a los investigadores en la búsqueda de reglas morales abstractas. Las circunstancias específicas que se necesitan para que exista reciprocidad social, como han demostrado los investigadores de la teoría de juegos, requieren que los tramposos no sólo sean detectados sino también castigados. De otro modo, éstos, que invierten menos y reciben el mismo beneficio, superarían a los íntegros y saldrían airosos. Si saliesen airosos, la reciprocidad peligraría. A lo largo de la evolución, los seres humanos hemos desarrollado dos capacidades necesarias para el intercambio social recíproco prolongado: la capacidad de inhibir acciones durante un tiempo (es decir, la capacidad de demorar la gratificación) y el castigo a los tramposos en el intercambio recíproco. En la actualidad, estas dos capacidades forman parte de la corta lista de capacidades exclusivamente humanas.[28]

Tras comparar investigaciones sobre universales humanos, diferencias culturales en cuanto a la moral y los precursores de la moralidad en los chimpancés, Haidt y su colega Craig Joseph, de la Northwestern University, han propuesto una lista de módulos morales universales.* Sus hallazgos también derivan del conjunto similar de conductas comunes que emplea Hauser, pero ellos le añaden una clase de intuiciones abstractas derivadas de la emoción exclusivamente humana de la repugnancia. Sus cinco módulos son la reciprocidad, el sufrimiento, la jerarquía, las fronteras entre endogrupo y exogrupo (coaliciones) y la pureza.[29, 30] No todo el mundo está de acuerdo con ellos, pero, como señalan ambos, comprenden la diversidad de las virtudes éticas, que definen como características de una persona considerada moralmente digna de alabanza. Su lista incluye las preocupaciones morales de las culturas de todo el mundo, no sólo de las culturas occidentales.

Ésta y todas las listas por el estilo nos proporcionan la materia de estudio. No son en ningún modo listas definitivas; al fin y al cabo, las virtudes no son universales. Son lo que una sociedad o cultura específicas juzgan como conjunto de conductas moralmente buenas que pueden aprenderse. Diferentes culturas hacen hincapié en diferentes aspectos de los cinco módulos arriba citados, de lo que resultan las diferencias culturales en cuanto a la moral. Ésta es la par-

* Haidt y Joseph definen los módulos como pequeños fragmentos de programación de entrada y salida, maneras de desarrollar respuestas rápidas y automáticas a desencadenantes ambientales específicos.

te del camino intermedio de Hauser que se ve influida por la sociedad. Richard Shweder, un antropólogo de la Universidad de Chicago, propone tres áreas de interés moral: la ética de la autonomía, que tiene que ver con los derechos, libertades y bienestar individuales; la ética de la comunidad, que tiene que ver con la protección de las familias, las comunidades y las naciones; y la ética de la divinidad, que tiene que ver con el yo espiritual y la pureza física y mental.[31] Haidt y Joseph proponen un esquema similar: ellos sitúan la preocupación por el sufrimiento y la reciprocidad dentro de la ética de la autonomía, la preocupación por la jerarquía y las fronteras de las coaliciones dentro de la ética de la comunidad, y la preocupación por la pureza dentro de la ética de la divinidad.

Examinaré estos módulos independientes, los estímulos que los activan (el desencadenante ambiental), las emociones morales que suscitan y la intuición moral (la respuesta) resultante. Como suponía Damasio, las emociones son el catalizador, y nos ayudan a explicar por qué no todo en el mundo es racional. Aunque en la superficie parezca que un mundo enteramente racional sería un mundo mejor, basta que echemos un segundo vistazo a la idea para darnos cuenta de que es insostenible. Por ejemplo, la pregunta clásica en economía es: ¿Por qué dejar propina en un restaurante al que no vamos a volver jamás? No es racional. ¿Por qué no deshacerte de tu pareja enferma y conseguir una saludable? Sería lo más racional. ¿Por qué gastar dinero público en los discapacitados profundos, cuando es tan improbable que puedan devolverlo?

Haidt también argumenta que las emociones morales no solamente nos hacen ser buenas personas. «En la moral hay mucho más que altruismo y bondad. Las emociones que nos impulsan a exhibir conductas de ayuda a los demás son fácilmente etiquetadas de emociones morales, pero las emociones que conducen al ostracismo, a la humillación y a la venganza asesina son una parte no menos importante de nuestra naturaleza moral. El mundo social humano es una milagrosa y frágil construcción colectiva de sus participantes, y cualquier emoción que lleve a las personas a preocuparse por este mundo y apoyar, promover y mejorar su integridad debería ser considerada una emoción moral, aunque las acciones emprendidas con este fin no sean "bonitas"».[32]

Resulta bastante curioso que Robert Frank, un economista, se aventurase por este mundo de psicólogos, filósofos y genes egoístas. Frank sugiere que los sentimientos morales concuerdan con la teoría del gen egoísta. Incluso a una persona egoísta puede resultarle ventajoso tener sentimientos morales, visiblemente expresados a través de emociones morales, que le predispongan a no engañar. Las emociones morales, que son difíciles de disimular, anuncian a los cuatro vientos que tienes conciencia y que si rompieras una promesa, experimentarías un incómodo sentimiento de culpa. Por ejemplo, sabes que puedes

confiar en lo que te dice alguien que se sonroja con facilidad. Alguien así no puede contar una mentira sin ponerse como un tomate. Los seres humanos son el único animal que se sonroja. Otro signo visible de una emoción son las lágrimas. Los seres humanos son el único animal que llora. Aunque hay otros animales que tienen conductos lacrimales, producen lágrimas sólo para mantener el ojo sano. No lloran por emoción.

Los sentimientos y las emociones morales pueden ser un dispositivo para reforzar el compromiso, que permita a los potenciales copartícipes de un intercambio comercial o social superar la primera ronda del intercambio sin salir corriendo.[33] En resumen, resuelven el problema del compromiso en las relaciones personales y en los intercambios sociales, que es: ¿Por qué, para empezar, tendría alguien que asociarse a otra persona? Un individuo racional jamás se asociaría a otro debido a la elevada probabilidad de que el otro individuo racional le engañase, puesto que si se presentase la oportunidad, no habría ningún motivo racional para no hacerlo. ¿Cómo pueden llegar a convencer a otro individuo racional de que no le engañarás? Es absurdo no hacerlo.

¿Por qué se casaría un individuo racional, conociendo el elevado índice de divorcios y sabiendo que puede mantener relaciones con innumerables parejas sexuales sin los costes del matrimonio? ¿Por qué montar un negocio con alguien? ¿Por qué dejar dinero a nadie? Las emociones resuelven el problema. El amor y la confianza pueden conducir al matrimonio; la confianza, a asociarse en una empresa. El miedo a sentir culpa o vergüenza te impide engañar y sabes (gracias a tu teoría de la mente) que tu socio también se sentiría del mismo modo. La cólera y la ira contra un tramposo es un factor disuasorio. Una teoría de la mente nos permite planificar nuestras acciones, teniendo en cuenta cómo afectarán las creencias y deseos de otros. Si engañas a alguien, se enfadará y se vengará. No quieres sentir la vergüenza de que la otra persona lo descubra, ni quieres sufrir su venganza, de modo que no engañas.

Sin embargo, existe un tipo de emoción moral que no se limita a un único módulo, como pronto veremos. A continuación, veremos una imagen de conjunto de los cinco módulos morales aceptados más comúnmente.

## *Los módulos morales*

### El módulo de reciprocidad

El intercambio social es el pegamento que mantiene unidas a las sociedades, y son las emociones lo que mantiene la cohesión del intercambio social. Es pro-

bable que muchas de las emociones morales emergieran en el contexto del altruismo recíproco y tengan precursores observables en niños y otros animales. Recordemos que, para que el intercambio social funcione, hay que hacer contratos sociales y cumplirlos. Estos contratos adoptan la siguiente forma: Si yo hago esto por ti, entonces tú harás algo equivalente por mí en algún momento futuro. Robert Trivers, que nos ayudó en el capítulo precedente con su explicación del altruismo de parentesco, sostiene, en relación con el altruismo recíproco, que las emociones son lo que media entre nuestras intuiciones y nuestra conducta. Nos comprometemos a mantener una relación de reciprocidad con aquellos en los que confiamos, y confiamos en aquellos con quienes mantenemos una relación de reciprocidad. Para que exista reciprocidad hacen falta individuos a los que no les gusta ser engañados y están dispuestos a hacer algo al respecto, e individuos que se sienten culpables si engañan y no les gusta este sentimiento. Así se creó una sociedad en la que los tramposos no pudiesen triunfar sobre los honestos. Aunque hay datos de que la reciprocidad existe en algunas especies animales, como en los murciélagos vampiros y los guppys,* existe sólo entre individuos. Sólo los seres humanos practican el chismorreo y les cuentan a otros quién es desleal y quién es de fiar.

Las emociones morales conectadas con la reciprocidad son la simpatía, el desprecio, la cólera, la culpa, la vergüenza y la gratitud. La simpatía puede hacer que la pelota empiece a rodar al ocasionar un intercambio. «Claro, te ayudaré.» La cólera nos impele a castigar a los tramposos; es una reacción ante la iniquidad y puede incitar a la venganza. El desprecio es mirar por encima del hombro a las personas que no están a la altura de uno o que no dan la talla con respecto a ideales proclamados, y sentirse moralmente superior a ellas. El desprecio por alguien debilita otras emociones, como la compasión, y reduce la probabilidad de que haya futuros intercambios. La gratitud resulta del intercambio, pero también se siente hacia alguien que detecta a tramposos. El procesamiento automático del módulo de reciprocidad está diciendo *Paga sus deudas, coopera y castiga a los tramposos: bueno, aproximarse*, o *Engaña: malo, evitar*. Las virtudes que se han derivado de la reciprocidad intuitiva son el sentido de la equidad, la justicia, la fiabilidad y la paciencia. No obstante, la reciprocidad no se fundamenta en un sentido innato de la equidad, sino en un sentido innato de la reciprocidad.

Dos profesores universitarios enviaron postales de Navidad a una lista de personas a las que no conocían. Curiosamente, recibieron otras en respuesta a

* El guppy o *poecilia reticulata*, también conocido como «pez millón» es un pez de acuario de agua dulce. *(N. del t.)*

la mayoría de ellas, y casi todos los que se las mandaron ni siquiera les preguntaron quiénes eran.[34] Las instituciones benéficas han descubierto que pueden duplicar sus donaciones adjuntando a su petición de dinero pequeños regalos, como etiquetas adhesivas para los remites de las cartas. La reciprocidad es un instinto poderoso, y aunque la equidad es una de las virtudes que se derivan de ella, no es la principal. Vernon L. Smith, ganador del Premio Nobel de Economía y actualmente catedrático de Economía y Derecho en la Universidad George Mason, lo ha demostrado.[35, 36, 37] Existe un juego experimental llamado «el juego del ultimátum». Le das cien euros a Dave y le dices que los comparta con Al. Dave tiene que decirle de antemano a Al cuánto está dispuesto a darle. Si éste rechaza la oferta, ninguno de ellos gana nada. La oferta racional sería ofrecerle a Al un euro. Él debería aceptarlo, porque es mejor que nada. Pero en estos juegos, las personas a las que se ofrece una cantidad pequeña no aceptan la oferta. Les enfurece y, como castigo, la rechazan. Ambas partes salen perdiendo.

La mayoría de la gente que juega al juego del ultimátum ofrece cincuenta euros. Esto podría inducirnos a creer que lo que está en juego aquí es la equidad. Sin embargo, en un grupo de estudiantes universitarios, y con una variación del juego en la que Dave tiene que ganar su posición puntuando en la mitad alta de la clase en un test de cultura general y Al tiene que aceptar lo que se le ofrezca (esta variación se llama juego del dictador), las conductas variaron. Los Dave fueron menos generosos. Ya no ofrecían la mitad, como hacían en el juego del ultimátum. Dave también será menos generoso si cree que Al desconoce su identidad. Si los Dave piensan que el experimentador desconoce su identidad, el 70 % no ofrecen nada de dinero a Al en el juego del dictador. Los resultados llevaron a Smith a concluir que es como si los Dave pensaran que si se supiese que no han jugado de una manera socialmente aceptable, no se les dejaría jugar de nuevo. En estos juegos, la motivación no es obviamente la equidad, sino la oportunidad. Smith argumenta que el motivo de que los Dave actúen equitativamente en el juego del ultimátum original es que están obsesionados con la reciprocidad y quieren mantener su reputación personal; pero cuando su identidad está oculta o tienen un estatus superior, la equidad ya no les interesa.

Smith retocó de nuevo su juego haciendo que Dave y Al jugaran una serie de juegos, no sólo uno. Dave y Al podían pasar o coger el dinero en cada turno, y cada vez que pasaban, la cantidad aumentaba. Al final, el juego acaba cuando, llegado un momento, ninguno de los dos opta por coger el dinero y entonces Dave se queda con todo. Si todo fuese racional, Al debería imaginarse que tiene que coger el dinero en su último turno, y Dave debería imagi-

narse que lo hará, de modo que Dave debería cogerlo en su penúltimo turno y así sucesivamente; por tanto, un individuo racional tendría que coger el dinero a la primera oportunidad. Pero los estudiantes no lo hacían. Dejaban que Dave se quedara con el dinero en el último turno, y esperaban su generosidad recíproca en el turno siguiente. Éste es el modelo de compromiso de Robert Frank. Ambas partes se conocen y juegan una serie de juegos.

Estos estudios se extendieron al mundo que existe más allá de las aulas universitarias. Se organizaron juegos entre sujetos pertenecientes a quince sociedades a pequeña escala, en cuatro continentes y en Nueva Guinea. Pese a que los resultados fueron mucho más variados (en algunas sociedades, los jugadores se mostraban dispuestos a aceptar ofertas en el tramo bajo, mientras que en otras, no), los investigadores llegaron a la conclusión de que en ninguna de las sociedades exhibieron las personas una conducta totalmente egoísta en el juego. La manera de jugar dependía de cuán importante era la cooperación en cada sociedad y cuán dependientes eran sus miembros de los bienes procedentes del intercambio y el comercio. No se apreció ningún efecto debido al estatus económico o demográfico de los jugadores individuales, y los patrones de juego se asemejaban bastante a sus interacciones cotidianas.[38] Cuanto más abundantes eran los intercambios recíprocos entre individuos no emparentados en la sociedad en cuestión, más equitativas eran las ofertas.

## El módulo de sufrimiento

La preocupación por el sufrimiento, o la sensibilidad o desagrado ante los signos de dolor físico en los demás, y la aversión hacia los que causan el dolor, es una buena adaptación para una madre que debe criar a un niño con un largo periodo de dependencia. Cualquier adaptación que aumentase las posibilidades de supervivencia de los descendientes habría sido seleccionada por la evolución, y la capacidad de detectar el sufrimiento en la propia descendencia se ajusta a este criterio. La afinidad, la compasión y la empatía tienen muy probablemente sus orígenes distantes en el mimetismo, que se traduce en una conexión y un vínculo entre la madre y sus hijos, y que a su vez tienden a aumentar la supervivencia de los descendientes. Las virtudes que, según Haidt, se derivan para las sociedades de esta ética intuitiva son la compasión y la bondad, pero también podríamos añadir la cólera justiciera.

## El módulo de jerarquía

La jerarquía tiene que ver con el hecho de moverse por un mundo social donde el estatus es importante. Hemos evolucionado hasta constituir grupos sociales plagados de dominación y estatus, tanto sociales como sexuales. Nuestros primos los chimpancés están siempre pendientes del rango y la dominación, como lo estamos los seres humanos. Incluso en las sociedades igualitarias, existe jerarquía en el estatus social, la organización del trabajo y la competición sexual. Al margen de lo igualitaria que sea una sociedad, algunos individuos serán más aptos o más atractivos, y por tanto el sexo opuesto los situará en una posición más elevada. Y alguien tiene que dirigir las reuniones del comité, o reinará el caos. Probablemente tuvieron éxito las conductas intuitivas que llevaron a tejer esta red social siendo respetuosos con los dominantes o ejerciendo el poder con aplomo. Vimos cómo funcionaban en el intercambio social las emociones de culpa y vergüenza, aunque éstas también pueden estimular a alguien a actuar de un modo socialmente aceptable, ayudándole a moverse por este mundo social jerárquico. La culpa es la creencia de que se ha causado daño o sufrimiento, lo que puede motivar, en el individuo que la siente, una conducta servicial, especialmente si se le sorprende realizando un acto censurable, tras lo cual la culpa se convierte en vergüenza. Se siente vergüenza al violar una norma social a sabiendas de que alguien lo advierte. La vergüenza empuja al individuo a ocultarse o retirarse, lo cual indica que comprende la infracción y es menos susceptible de ser atacado por haberla cometido. La culpa y la vergüenza pueden ser motivaciones para todos los módulos morales. Se siente a menudo turbación ante personas de estatus superior. Debido a ello, el individuo se presenta a sí mismo de manera adecuada y muestra respeto por los que detentan la autoridad, evitando así el conflicto con individuos más poderosos y aumentando las posibilidades de supervivencia. En el último capítulo vimos que la recompensa para los que castigaban a los tramposos era el incremento de estatus. Otras emociones asociadas a la jerarquía son el respeto y el temor, o el resentimiento. Las virtudes basadas en la jerarquía son el respeto, la lealtad y la obediencia.

## El módulo de coalición endogrupo/exogrupo

Las coaliciones son frecuentes en la sociedad de los chimpancés y entre otros mamíferos sociales, como por ejemplo los delfines. Son endémicas entre los seres humanos, que se organizan de forma espontánea en grupos

mutuamente exclusivos. Están los que prefieren lo salado y los que prefieren lo dulce, agricultores y pastores, amantes de los perros o de los gatos. Resulta casi cómico mirar un atlas del mundo y ver cuántos países se llevan mal con sus vecinos (si no fuese la causa de tantas tragedias). Robert Kurzban, John Tooby y Leda Cosmides han encontrado datos que apoyan la existencia de un módulo que codifica el reconocimiento de coaliciones.[39] En un mundo evolutivo en el que los grupos emparentados viven juntos, en el que pueden tropezarse con bandas hostiles vecinas y en el que se suceden las luchas por el poder en el seno de los grupos sociales, puede ser beneficiosa la capacidad de reconocer los patrones de la cooperación, la competición y la filiación política. Por lo tanto, serán importantes los marcadores visibles que sugieren quién está aliado con quién. Pistas arbitrarias como el color de la piel, el acento o el modo de vestir serán significativas sólo en la medida en que tengan validez predictiva en relación con la pertenencia a una coalición. De lo contrario, no tendrán ninguna importancia. Las sociedades de cazadores-recolectores en las que nos transformamos entraban muy raramente en contacto con grupos de otras razas, si es que llegaban a hacerlo. Muy rara vez recorrían distancias largas. Sin embargo, en las circunstancias adecuadas la raza podría usarse como marcador de coalición, debido a su elevada visibilidad. En test sociológicos realizados en el pasado, las personas siempre clasificaban a las demás en función de la raza, con independencia del contexto social.

Para comprobar si podría haber un módulo especializado en el reconocimiento de la coalición más que en el reconocimiento de la raza, que no tendría sentido desde el punto de vista evolutivo, Kurzban, Tooby y Cosmides crearon un contexto social en el que la raza no tenía ningún valor predictivo de una alianza cooperativa. Descubrieron que esto disminuía drásticamente la medida en que las personas la tomaban en cuenta. También demostraron que cualquier marcador visual (usaron el color de las camisetas) que tenga correlación con los patrones de cooperación y alianza estaba codificado, y de hecho lo estaba con mayor fuerza que la raza. Después de transcurridos tan sólo cuatro minutos del experimento, los sujetos dejaron de tener en cuenta la raza. Los autores concluyeron que las personas tienen habilidad para detectar los patrones de alianzas cambiantes, motivo por el que pueden adaptarse a diferentes entornos sociales, entre los que se cuentan aquellos en los que la raza ya no predice las coaliciones.

La pertenencia a una coalición puede suscitar diversas emociones: compasión por otros grupos (entre los rotarios y los participantes en marchas benéficas), desprecio (los no fumadores lo sienten por los fumadores), cóle-

ra (de los no fumadores dirigida contra los fumadores), culpa (por no haber apoyado a tu grupo), vergüenza (por haber traicionado a tu grupo), vergüenza (por haber dejado tirado «a tu equipo») y gratitud (de los propietarios de viviendas hacia los bomberos). De modo que este módulo funcionaría de la siguiente manera: Reconocido como parte de mi grupo: bueno, acercarse; no es parte de mi grupo: malo, evitar. El reconocimiento de la coalición tiene sus raíces en el mimetismo; los gestos similares generan un sesgo positivo. Las virtudes engendradas por las coaliciones endogrupales son la confianza, la cooperación, el autosacrificio, la lealtad, el patriotismo y el heroísmo.

## El módulo de la pureza

La pureza tiene sus raíces en la defensa contra la enfermedad: bacterias, hongos y parásitos, lo que Matt Ridley considera la competencia.[40] De no ser por su amenazadora presencia, no habría necesidad de recombinación genética o reproducción sexual (opuesta a asexual). No hubiéramos tenido que soportar a los Jones de este mundo o, en este caso, a los *Escherichia coli* o los *Entamoeba histolytica*, en constante mutación para poder atacarnos mejor y así reproducirse y sobrevivir. La emoción que protege a la pureza es la repugnancia. Haidt sugiere que la emoción de la repugnancia surgió cuando los homínidos se convirtieron en carnívoros. Parece que es una emoción únicamente humana.[41] Es obvio que tu perro no la siente: fíjate en lo que come. La repugnancia es sólo una de las cuatro razones por las que los seres humanos rechazan comida, pero compartimos las otras tres con otros animales: aversión, impropiedad (comer tierra) y peligro. La repugnancia supone el conocimiento de los orígenes o la naturaleza de la comida. Los niños pequeños rechazan la comida amarga, pero la repugnancia no aparece hasta alrededor de los 5 años. Haidt y sus colegas sugieren que la emoción de repugnancia funcionaba al inicio como sistema de rechazo de comida, como demuestra su conexión con las náuseas, la preocupación por contaminarse (debido al contacto con una sustancia repugnante) y las expresiones faciales que se asocian a ella, que en su mayoría implican a la nariz y la boca. Se refieren a este sistema inicial como repugnancia básica.

Inicialmente, la repugnancia nos protegía de agentes transmisores de enfermedades, como cadáveres y restos animales putrefactos, fruta en mal estado, heces, parásitos, vómito y personas enfermas. Haidt sugiere que «las sociedades humanas, no obstante, necesitan rechazar muchas cosas, incluidos los "desvia-

dos" sexuales y sociales. La repugnancia básica podría haber sido preadaptada* como un sistema de rechazo, y después fácilmente empleada en otras clases de rechazo».[41] Su ámbito se extendió, y a partir de un momento determinado, la repugnancia se generalizó a aspectos de la apariencia física, las funciones corporales y a ciertas actividades, entre ellas la dejadez y algunas ocupaciones como las que conllevan el manejo de cadáveres.

> Pero si la repugnancia evolucionó para desempeñar esas importantes funciones adaptativas —seleccionar lo que se come y evitar la enfermedad—, resulta particularmente asombroso que la respuesta de repugnancia esté casi totalmente ausente en los niños pequeños. De hecho, los niños pequeños se lo meten casi todo en la boca, incluidas las heces, y la respuesta de repugnancia (por ejemplo, la sensibilidad a la contaminación) no se desarrolla completamente hasta el periodo comprendido entre los 5 y los 7 años. La sensibilidad a la contaminación tampoco está presente, por lo que sabemos, en ninguna especie no humana** Por tanto, se impone la precaución ante la propuesta de que la repugnancia es importante para la supervivencia biológica. Las funciones sociales de la repugnancia... pueden ser más importantes que sus funciones biológicas.[41]

De hecho, cuando los investigadores pidieron a personas de muchos países diferentes que hicieran una lista de las cosas que les resultaban repugnantes, los ítems de las listas podían agruparse en tres categorías generales más allá de la repugnancia básica. La primera eran las cosas que le recordaban a la gente su naturaleza animal, incluyendo la muerte, el sexo, la higiene, todos los fluidos corporales a excepción de las lágrimas (que sólo tenemos los humanos) y violaciones del envoltorio corporal como la ausencia de una parte del cuerpo, la deformidad o la obesidad. La siguiente categoría consistía en cosas que se consideraban susceptibles de contaminación interpersonal, que resulta ser menos una forma de contaminación por productos corporales (las personas son sólo levemente reacias a llevar ropa de segunda mano lavada) que de contaminación de su esencia. Las personas eran más reacias a llevar la ropa de un asesino o de Adolf Hitler, que la de alguien que les gustaba. La mayoría de las cosas consideradas repugnantes por los hindúes formaban parte de esta categoría. La última clase

* «Preadaptación» es un término técnico en biología. En biología evolutiva, remite al hecho de que un organismo utiliza una estructura o función preexistente, heredada de un ancestro, para un propósito nuevo. *(N. del t.)*

** Para tener miedo a contaminarse se requiere la capacidad de concebir entidades invisibles y de entender que la apariencia no coincide necesariamente con la realidad.

era la de las ofensas morales. La mayoría de las cosas repugnantes de la lista de los sujetos estadounidenses y japoneses pertenecían a esta categoría, aunque eran en cada caso muy distintas. A los estadounidenses les repugnaba la violación de los derechos y dignidad de una persona, mientras que a los japoneses les repugnaban las violaciones del lugar que una persona ocupa en la sociedad.

La repugnancia tiene un componente cultural que difiere en cada cultura, y a los niños se les instruye acerca de qué es lo que incluye. Este módulo tiene muy probablemente orígenes biológicos, que se han expandido enormemente hasta abarcar en nuestros días la repugnancia suscitada no sólo por la comida sino incluso por las acciones de los demás. Inconscientemente, este módulo viene a decir que Repugnante: sucio, malo, retirarse; limpio: bueno, acercarse. Hace poco vi un anuncio que decía: LAS MANOS LIMPIAS HACEN LA BUENA COMIDA. El módulo de la pureza está vivito y coleando en Santa Bárbara.

A lo largo del tiempo, se han creado leyes y rituales de orden religioso y seglar para regular la comida y las funciones corporales, entre ellas la higiene, la salud y la dieta. Una vez que estas leyes se aceptan, su infracción da como resultado un sesgo negativo y una intuición moral. Otras preocupaciones religiosas y morales se han generalizado a la pureza de la mente y el cuerpo. Muchas culturas han hecho del aseo, la castidad y la pureza virtudes de pleno derecho.

Thalia Wheatley y Haidt[42] han puesto en marcha un experimento para comprobar si podían influir en los juicios morales intensificando una emoción. Hipnotizaron a dos grupos de personas, y les dijeron a los de un grupo que sentirían repugnancia al leer la palabra «ese», y a los del otro grupo que sentirían repugnancia ante la palabra «frecuentemente». Entonces les hicieron leer historias que contenían una de esas palabras o la otra. Cada grupo encontró más repugnantes las historias que contenían la palabra sugestionada hipnóticamente. Se observó incluso que un tercio de las personas consideraban, de algún modo, moralmente inaceptable una historia que no incluía ninguna violación moral. Schnall, Haidt y Clore intentaron un enfoque distinto, preguntando a los sujetos sobre cuestiones morales mientras estaban sentados o bien en un despacho sucio, lleno de envoltorios de comida basura y servilletas usadas, o bien en un despacho limpio. Las personas que puntuaban en lo alto de la escala de «conciencia de la privacidad del cuerpo» (las más conscientes de su estado físico) hicieron juicios morales más severos cuando estaban sentados en el despacho sucio. Una lección aplicable a la vida cotidiana es que si montas una fiesta en casa de tus padres mientras ellos están fuera el fin de semana, asegúrate de que la casa está impecable cuando vuelvan, porque si lo descubren y la casa está sucia...

Así que, si todos tenemos estos módulos universales, ¿por qué las culturas son tan diferentes en sus criterios morales? Haidt y Joseph responden a esta pregunta señalando el vínculo entre nuestras intuiciones morales innatas y las virtudes socialmente definidas. En el modelo de Hauser, tenemos una disposición innata a responder al mundo social en modos particulares determinados. Esto significa que algunas cosas son más fáciles de aprender que otras, y que algunas cosas no pueden aprenderse en absoluto. Ciertos estudios en animales han demostrado que algunas cosas pueden aprenderse en un solo intento, aprender otras puede llevar centenares de intentos, y puede que otras no se aprendan nunca. El ejemplo clásico en los seres humanos es el hecho de que es muy fácil enseñar a tener miedo a las serpientes, pero es casi imposible enseñar a tener miedo a las flores. Nuestro módulo del miedo está diseñado para aprender sobre las serpientes, que eran un peligro en nuestro entorno ancestral, pero no sobre las flores, que no lo eran. Cuando preguntas a niños de qué tienen miedo, la respuesta es leones, tigres y monstruos, pero no coches, que hoy en día representan un peligro mucho más real para ellos. Del mismo modo, algunas virtudes se aprenden fácilmente, mientras que otras no. Es muy fácil aprender a castigar a los tramposos; es muy difícil aprender a olvidarlos.

Las virtudes son lo que cada cultura ha definido como moralmente digno de alabanza. Las distintas culturas difieren en su valoración de las conductas que resultan de los módulos morales. Las diferentes culturas integran algunos módulos en uno a fin de que se apliquen a un conjunto mayor de estímulos. Los hindúes han integrado la pureza, la jerarquía y las coaliciones, con el resultado de un sistema de castas. Las monarquías han hecho algo parecido, y el resultado ha sido un sistema de clases, en el que los miembros de la realeza mantienen puras sus líneas de sangre dentro de una jerarquía de nobleza. Las culturas pueden definir de manera diferente las virtudes suscitadas por los diferentes módulos. La equidad es considerada una virtud, pero, ¿basada en qué? ¿En la necesidad? ¿O es una equidad basada en los que trabajan más duro? ¿O basada en una distribución igualitaria? Consideremos asimismo la lealtad. Ciertas sociedades valoran la lealtad a la familia mientras que otras valoran la lealtad a un grupo de iguales o a una estructura jerárquica, como una ciudad o un país. En algunas culturas puede haber virtudes complejas, derivadas de módulos diferentes que han sido integrados para formar una supervirtud, como el honor, derivado de la unión de los módulos de jerarquía, reciprocidad y pureza en las culturas más tradicionales.[30]

## El proceso racional

Con módulos aparentemente para casi todo, ¿cuándo interviene el pensamiento racional? En *Modeste mignon*, Balzac marcó el momento con la siguiente frase: «En el amor, lo que una mujer confunde con repugnancia no es más que ver simplemente las cosas con claridad».[43] Actualmente es objeto de discusión cuál es el momento en el que puede tener lugar esta claridad. ¿Cuándo estamos motivados para pensar racionalmente? Bueno, lo estamos cuando queremos encontrar la solución óptima. Pero ¿cuál es la solución óptima? ¿Es la verdad de hecho, la verdad que confirma nuestra concepción del mundo, o una verdad que preserva nuestra posición social y nuestra reputación?

Pongamos por caso que quieres conocer la verdad de hecho con la máxima exactitud y sin la influencia de ningún sesgo que puedas tener. Esto resulta mucho más fácil cuando no hay interpretaciones morales en juego. Por ejemplo: «Quiero saber de verdad cuál es la mejor medicación para mí, sin que me importe cuánto cuesta, de dónde viene, quién la fabrica, cuán a menudo tendría que tomarla, o si es una pastilla, una inyección o una pomada». Ésta es una pregunta mucho menos amenazadora que: «¿Está bien extraer los órganos a delincuentes convictos?». La otra condición es que tengamos tiempo suficiente para pensar en ello, para que no prevalezca la respuesta automática. ¿Te llevarías a tu habitación, en un arrebato de ternura, a uno de esos adorables gatitos que ofrecen en la puerta del súper, a sabiendas de que en la casa donde vives no se admiten mascotas y que tu compañero de cuarto es alérgico a los gatos? ¿O te irías a casa y lo pensarías mejor? Por supuesto, uno debe tener la capacidad cognitiva de entender y usar información que sea pertinente.

De nuevo, incluso cuando intentamos pensar racionalmente, tal vez no lo estamos haciendo. Las investigaciones han demostrado que las personas usarán el primer argumento que confirme su opinión y entonces dejarán de pensar en ello. David Perkins, psicólogo de Harvard, llama a este fenómeno la regla del «esto tiene sentido».[44] No obstante, lo que las personas consideran que tiene sentido varía muchísimo. Es la diferencia entre una prueba anecdótica (una historia aislada que aporta unos supuestos causa y efecto) y una prueba fáctica (unos causa y efecto probados). Por ejemplo, una mujer puede creer que las píldoras anticonceptivas la harán estéril, porque su tía tomó esas píldoras en el pasado y ahora no consigue quedarse embarazada. Una prueba anecdótica, una historia, es todo lo que necesitaba para apoyar su opinión, y la cosa tenía sentido. Sin embargo, la mujer no considera la posibilidad de que su tía fuese incapaz de quedarse embarazada antes de empezar a tomar las píldoras anticon-

ceptivas, ni la posibilidad de que haberse infectado con bacterias de transmisión sexual, como la gonorrea o la clamidia, que causan un desgarro en las trompas de Falopio, sea realmente la causa más común de infertilidad. La mujer tampoco sabe que, en realidad, las píldoras anticonceptivas preservan mejor su fertilidad que los métodos no hormonales (prueba fáctica). La gente recurre con mucha mayor frecuencia a pruebas anecdóticas.[45, 46]

Veamos este ejemplo, uno de los muchos que Deanna Kuhn, psicóloga de la Universidad de Columbia, usó para investigar la adquisición de conocimiento:

¿Qué afirmación es más concluyente?

A. ¿Por qué empiezan a fumar los adolescentes? Smith dice que es porque ven anuncios en los que fumar parece atractivo. Un chico bien parecido y bien vestido con un cigarrillo entre los labios es alguien a quien querrías parecerte.

B. ¿Por qué empiezan a fumar los adolescentes? Jones dice que es porque ven anuncios en los que fumar parece atractivo. Cuando se prohibió la emisión de publicidad de marcas de cigarrillos en la televisión, el consumo disminuyó.

Entre un numeroso grupo de estudiantes con niveles educativos que oscilaban entre la educación secundaria y los estudios universitarios, pocos demostraron comprender las diferencias entre los dos tipos de argumentos representados por A y B, aunque los universitarios fueron quienes lo hicieron mejor. El primer argumento es anecdótico, el segundo fáctico. De estos resultados sacamos la consecuencia de que, incluso cuando tratan de hacer un juicio racional, la mayoría de las personas no usan la información de manera analítica.[47]

Partiendo de la consideración de nuestro entorno evolutivo, Haidt señala que, si nuestra maquinaria de juicios morales hubiese sido diseñada para ser siempre precisa, los resultados podrían ser desastrosos si de vez en cuando nos pasásemos al bando enemigo, contra nuestros amigos y familia.[1] Haidt plantea el modelo intuicionista social del razonamiento moral. Después de que tengan lugar el juicio intuitivo y el razonamiento *a posteriori*, sugiere que hay cuatro circunstancias posibles que pueden alterar este juicio intuitivo. Las dos primeras implican al mundo social a través o bien de la persuasión razonada (pero no necesariamente racional), o bien tan sólo del impulso de hacer lo que todo el mundo hace (que, de nuevo, no es necesariamente lo racional). Haidt señala que el razonamiento racional tiene la oportunidad de florecer cuando se discute un tema con otra persona.

¿Recuerda el lector aquellos grupos sociales de los que hablábamos en el último capítulo en relación con el chismorreo? ¿Y lo que se conseguía con el chismorreo? Éste ayuda a establecer los criterios de conducta moral en una comu-

nidad. ¿Y qué es aquello sobre lo que a todo el mundo le encanta cotillear? Chismes picantes, y los más picantes de todos son las infracciones morales. Son lo que convierte un intercambio aburrido en una conversación animada. Es mucho más interesante enterarse de que Sally tiene un lío con un hombre casado que saber que va a celebrar una fiesta. Podemos sentirnos un dechado de honestidad, y estar de acuerdo con nuestra amiga o amigo en que ligar con hombres casados no vale, pero ¿qué pasa si no estamos de acuerdo con ella? ¿Qué pasa si sabemos de buena tinta que el sujeto en cuestión está casado con una buscavidas que se casó con él por su dinero, que no tienen hijos, que viven vidas separadas en estancias separadas —ella celebra fiestas extravagantes, mientras él pasa su tiempo libre trabajando en la página web de United Way— y que no tienen ningún contacto, salvo por los intentos infructuosos por parte de él para que ella firme los papeles del divorcio? ¿Podremos tener una discusión racional con nuestro amigo o amiga que trate sobre hechos, y que termine con el cambio de opinión de uno de los dos?

Eso dependerá de lo poderosamente que estén implicadas en el caso nuestras emociones. Ya hemos visto que las personas tienden a estar de acuerdo con las personas que les gustan, así que si el tema es neutro o de poca importancia, o si no ha estallado ninguna discusión, puede entrar en juego la persuasión social. Como acabamos de ver, los argumentos persuasivos pueden ser racionales o no. Usaremos cualquier cosa que creamos que puede persuadir al otro de adoptar nuestro punto de vista. Si los dos contertulios tenemos reacciones emocionales realmente fuertes, entonces no vale la pena perder el tiempo. Y, por supuesto, lo que está en juego en las cuestiones morales son las reacciones realmente fuertes. Existe una razón para el dicho de que no hay que hablar de religión ni política durante una comida. Las emociones fuertes conducen a discusiones, que son perjudiciales para las papilas gustativas y causan indigestión.

Como afirma Robert Wright en su obra *The Moral Animal*, «En el momento en que estalla la discusión, el trabajo ya está hecho». Interviene el intérprete, y las malas noticias son que tu intérprete es un abogado. Wright describe el cerebro como una máquina para ganar discusiones, no para buscar la verdad. «El cerebro es como un buen abogado: dado cualquier conjunto de intereses que defender, empieza su ataque convenciendo al mundo de la validez moral y lógica de tales intereses, con independencia de que realmente tengan alguna validez de un tipo u otro. Al igual que un abogado, el cerebro humano quiere la victoria, no la verdad; y como un abogado, es a veces más admirable por su habilidad que por su virtud».[48] Según Wright, uno podría pensar que, si fuésemos criaturas racionales, llegado un momento deberíamos preguntarnos por las probabilidades de tener razón siempre. Pero pensándolo bien, si fuése-

mos criaturas racionales, ¿no usaríamos todos protectores de bolsillo para nuestras plumas y bolígrafos?

La persuasión puede venir del mero hecho de formar parte de un grupo de personas. ¿Cuántas veces hemos pensado que la gente se comporta como un rebaño de ovejas? Por ejemplo, mi hija me contó la experiencia que tuvo en la estación de tren de San Diego el día antes de Acción de Gracias. El tren llegó con retraso, y cuando finalmente se permitió a la gente subir a los vagones, sólo una de las puertas de acceso a la plataforma estaba abierta. Frente a esa puerta se formó una larga cola de gente. Mi hija se dirigió a una de las puertas cerradas, pulsó el botón de apertura y subió al tren. Se han llevado a cabo muchos estudios que ilustran cómo la gente se ve influida por los que están a su alrededor. Los creadores de programas satíricos de televisión con cámara oculta logran sus mejores escenas aprovechando este fenómeno.

Solomon Asch, un pionero de la psicología social, realizó un experimento clásico para estudiar esta cuestión. Reunió en una habitación a ocho sujetos (siete de los cuales eran en realidad colaboradores suyos) y les mostró una línea. Después de ocultarla, les mostró otra que era manifiestamente mucho más larga. Preguntó a cada uno de los presentes en la sala si una de las líneas era más larga que la otra, pero el sujeto real fue el último en ser preguntado. Si las siete primeras personas decían que las líneas eran de igual longitud, la mayoría de los sujetos experimentales estaban de acuerdo con ellas.[49] La presión social hace que una persona afirme algo que es manifiestamente falso.

Stanley Milgram había sido estudiante de Asch. Tras doctorarse en psicología social, hizo algunos experimentos de *shock* que resultaron verdaderamente chocantes. No incluían ningún tipo de persuasión, sólo obediencia. Explicó a sus sujetos que estaba investigando sobre los efectos del castigo en el aprendizaje. Sin embargo, lo que en realidad estaba estudiando era la obediencia a una figura autoritaria. Midió la disposición de los sujetos a obedecer a una figura autoritaria, el investigador, que les mandaba realizar actos que entraban en conflicto con su conciencia. Dijo a sus sujetos que les había asignado al azar el papel de profesor o el de estudiante. A los sujetos, no obstante, siempre les asignaba el papel de profesor. Milgram indicaba al profesor que debía administrar un choque o descarga eléctrica al estudiante (que, sin que lo supiese el profesor, era un actor interpretando el papel de estudiante) cada vez que éste se equivocase al responder en una tarea memorística de asociación de palabras, y aumentar la intensidad de la descarga tras cada respuesta errónea. En realidad, el actor no recibía una descarga sino que fingía recibirla. Al sujeto que desempeñaba el papel de profesor se le decía que eran descargas verdaderas. En el panel de control de la máquina que administraba los choques eléctricos podía

leerse «choque ligero» en un extremo de un dial y «choque agudo» en el otro extremo, con valores numéricos que oscilaban entre el 0 y el 30. Basándose en un cuestionario previo administrado a los sujetos sobre lo que harían en tales circunstancias, Milgram esperaba que la mayoría se detendría al llegar a una descarga de nivel 9. Sin embargo, estaba muy equivocado. Los sujetos siguieron administrando descargas al estudiante hasta una intensidad media de entre 20 y 25, fuesen o no aguijoneados por el experimentador, e incluso cuando el estudiante estaba gritando o pidiendo que le dejaran irse. ¡Y el 30 % llegaron hasta el nivel máximo de descarga aunque el estudiante fingiese estar aturdido o inconsciente! Si el profesor y el estudiante estaban muy próximos, sin embargo, se registraba un descenso del 20 % en la obediencia, lo que sugiere que la empatía favorecía la desobediencia.[50, 51]

Este experimento se ha repetido en numerosos países. La obediencia a las instrucciones de la autoridad ha sido universal en varios de ellos, pero los resultados han oscilado entre los de Alemania, donde el 85 % de los sujetos estaban dispuestos a aplicar los máximos niveles de descarga, a los de Australia, en los que el porcentaje descendía al 40 %. Éste es un hallazgo interesante, teniendo en cuenta que la Australia moderna fue repoblada con reclusos, ¡un acervo genético poco dado a la obediencia! En Estados Unidos, el 65 % siguió las instrucciones de la autoridad. Ésta tal vez sea una buena noticia para la observancia del código de circulación, pero ya sabemos adónde conduce la obediencia ciega.

El tercer escenario posible en el que, según Haidt, somos más proclives a usar el juicio racional es el escenario que este autor denomina «conexión con el juicio razonado». En este caso, una persona emite un juicio de forma razonada, y este juicio invalida su intuición. Haidt sugiere que esto sólo ocurre cuando la intuición inicial es débil y la capacidad analítica es elevada. Por lo tanto, si es un caso de perfil bajo, en el que no hay ninguna implicación emocional, o la implicación emocional es escasa, el abogado puede estar de vacaciones. Si eres afortunado, un científico* le sustituye (pero no cuentes demasiado con ello).[52] Si es un problema importante, y la intuición es poderosa, una mente analítica puede imponer la lógica a su poseedor, pero puede acabar con una actitud dual, con su intuición justo debajo de la superficie. De modo que, sólo tal vez, si es un caso de perfil alto, el científico asistirá a la discusión y luego, mientras degusta un aperitivo, le espetará al abogado que se calle de una vez.

* La analogía del abogado y el científico fue usada por primera vez por Roy F. Baumeister y Leonard S. Newman.

El cuarto escenario posible es la conexión con la reflexión privada. En este escenario, una persona puede no tener ninguna intuición en absoluto en relación con un problema, o acaso esté meditando sobre la situación, cuando súbitamente le sobreviene una nueva intuición que se opone a la intuición inicial. Esto puede ocurrir cuando nos ponemos en el lugar del otro. Entonces nos hallamos ante dos intuiciones que compiten entre sí. Sin embargo, como señala Haidt, ¿se trata entonces de auténtico pensamiento racional? ¿No estamos de nuevo en brazos de la emotividad de Damasio, necesitados de la ayuda del sesgo emocional para poder escoger entre las dos intuiciones?

## CONDUCTA MORAL

¿Hasta qué punto importa todo esto? ¿Existe una correlación entre el razonamiento ético y la conducta ética? ¿Actúan de manera más ética las personas que evalúan racionalmente la conducta ética? Al parecer, no es exactamente así. Parece que hay dos variables que guardan correlación con la conducta ética: la inteligencia y la inhibición. Los criminólogos han descubierto que la conducta criminal es inversamente proporcional a la inteligencia e independiente de la raza o la clase socioeconómica.[53] Augusto Blasi descubrió que el coeficiente intelectual es directamente proporcional a la honestidad.[54] En este contexto, la inhibición remite básicamente al autocontrol o la capacidad para desestimar un objetivo que nuestro sistema emotivo desea. Quisiéramos seguir durmiendo, pero nos levantamos para ir al trabajo.

Un grupo de investigadores dirigidos por Walter Mischel, psicólogo de la Universidad de Columbia, está llevando a cabo un interesante estudio a largo plazo sobre la inhibición. Empezó trabajando con niños en edad preescolar, utilizando golosinas como recompensa. Uno por uno, los niños se sentaban a una mesa y se les preguntaba qué era mejor, un pastelito o dos pastelitos. Todos sabemos qué respondían. En la mesa había un pastelito y una campana. La experimentadora (llamémosla Jeanne) le decía entonces al niño (Tom) que debía irse de la habitación durante unos minutos y que, cuando regresara, podría comerse dos pastelitos. Sin embargo, si Tom deseaba que Jeanne volviera antes, podía tocar la campana para llamarla, pero entonces ella sólo le daría un pastelito. Diez años más tarde, los investigadores enviaron cuestionarios a los padres de los niños, que entonces ya eran adolescentes, y descubrieron lo siguiente: los que consiguieron retardar más el momento de comerse los pastelitos cuando estaban en edad preescolar, eran calificados por sus padres de más proclives a exhibir autocontrol en situaciones de frustración y menos dados a sucumbir

a tentaciones, eran más inteligentes y se distraían con menor facilidad cuando intentaban concentrarse, y además sacaron mejores notas[55] en las pruebas de acceso a la universidad.

¿Cómo funciona el autocontrol? ¿Cómo decir que no a un estímulo tentador? ¿Por qué algunos de esos chicos consiguieron esperar hasta que la experimentadora regresara pese a tener el pastelito ante sus ojos? Y en el mundo adulto, ¿por qué algunas personas son capaces de resistirse a los cantos de sirena del pastel de chocolate desde la bandeja del postre, o conducir dentro de los límites de velocidad mientras los demás coches les adelantan?

Para explicar cómo funciona este aspecto de la voluntad, «la capacidad de inhibir una respuesta impulsiva que va en contra de un compromiso adquirido», verbigracia autocontrol, Walter Mischel y su colega Janet Metcalfe plantearon que existen dos tipos de procesamiento, uno «caliente» y otro «frío», relacionados con sistemas neurales distintos que no obstante interaccionan entre ellos.[56] El sistema emocional caliente está especializado en el procesamiento emocional rápido. Responde a un estímulo desencadenante y hace uso del sistema de memoria con base en la amígdala. Es el sistema «¡adelante!». El sistema cognitivo frío es más lento y está especializado en la representación y el pensamiento espaciotemporales y episódicos complejos. Los investigadores le llaman el sistema «piénsalo bien». Sus bases neuronales son el hipocampo y los lóbulos frontales. ¿Les suena? Según la teoría de Mischel y Metcalfe, la interacción entre estos dos sistemas es de una importancia crucial para la autorregulación y la toma de decisiones con respecto al autocontrol. El sistema frío se desarrolla más tarde en la vida de una persona, y con el paso del tiempo se va haciendo cada vez más activo. La interacción entre ambos sistemas depende de la edad, el nivel de estrés (en situaciones de estrés creciente, el sistema caliente toma el mando) y el temperamento. Según algunos estudios, la conducta criminal disminuye con la edad,[57] lo que respalda la idea de que el sistema frío reforzador del autocontrol se vuelve más activo con la edad.

## SERES HUMANOS CARENTES DE MORAL: EL CASO DEL PSICÓPATA

¿Y qué ocurre con los psicópatas? ¿Son distintos de la mayoría de los criminales o simplemente peores? En los estudios de neuroimágenes neurales, los psicópatas presentan diferencias.[58] Exhiben anomalías específicas que se distinguen de las de los individuos simplemente antisociales y de los individuos normales. Esto sugiere que su conducta amoral se debe a malformaciones específicas en la estructura cognitiva del cerebro. Los psicópatas muestran un grado elevado de inteligencia y

pensamiento racional. No son unos inconscientes. Conocen las reglas de la sociedad y de la conducta moral, pero para ellos un precepto moral es simplemente una regla más.[59] No comprenden que está bien dejar en suspenso la regla social «No hay que comer con los codos encima de la mesa» pero no está bien dejar en suspenso la regla moral «No hay que escupir en la cara a la persona sentada ante ti en la mesa». Tienen una disminución mensurable en la respuesta ectodérmica a estímulos emocionalmente significativos y empáticos en comparación con los sujetos normales de control.[60, 61] Carecen de las emociones morales de empatía, culpa o vergüenza. Aunque en cierto sentido no presentan una conducta impulsiva, sí tienen una estrechez de miras obsesiva que no inhiben, y que les distingue de los individuos normales. Al parecer, los psicópatas nacen y no se hacen.

## HAZ LO QUE DIGO, NO LO QUE HAGO

Ha resultado muy difícil encontrar alguna correlación entre el razonamiento moral y la conducta moral activa, como la de ayudar a los demás. De hecho, en la mayoría de los estudios recientes no se ha hallado ninguna,[62, 63] excepto en uno realizado con adultos jóvenes, en el que se observó una correlación pequeña.[64] Como era de esperar teniendo en cuenta lo que hemos aprendido hasta ahora, las conductas morales como la de ayudar a los demás tienen una correlación mayor con las emociones y el autocontrol. Sam y Pearl Oliner, catedráticos de la Universidad Humboldt State y directores fundadores del Altruistic Personality and Prosocial Behavior Institute (Instituto para la personalidad altruista y la conducta socialmente solidaria), realizaron un interesante estudio sobre individuos de una moral ejemplar, en el que examinaban a europeos que salvaron a judíos durante el Holocausto.[65] Mientras que el 37 % estaban motivados por la empatía (módulo del sufrimiento), y la motivación principal del 52 % era «expresar y reforzar su filiación a los grupos sociales a los que pertenecían» (módulo de la coalición), sólo el 11 % actuaron por cuestiones de principios (pensamiento racional).

### *El presupuesto de la religión*

¿Dónde encaja la religión en todo esto? Si tenemos estas intuiciones morales desde que nacemos, ¿qué hay de la religión? Buena pregunta. Pero cuando nos la planteamos, lo hacemos partiendo de cierto presupuesto. ¿No es cierto que presuponemos que el sentido moral procede de la religión y que la religión

tiene que ver con la moral? Las religiones han estado aquí desde los mismísimos inicios de la cultura humana, pero, de hecho, sólo a veces tienen algo que ver con la moral y la salvación del alma. Alguien podría objetar que «mi religión sí tiene que ver, y además es verdadera, mientras que todas las demás son falsas». ¿Por qué creerse tan especial? Las demás religiones opinan lo mismo. Pensemos en el sesgo intuitivo de coalición endogrupal. Pascal Boyer, antropólogo que estudia la transmisión de conocimiento cultural en la Universidad de Washington, en Saint Louis, señala que una tentación común es la de buscar el origen de la religión en tendencias humanas generales, como el deseo de definir un sistema moral o explicar los fenómenos naturales. Lo atribuye a los supuestos incorrectos que las personas tenemos sobre la religión y sobre las tendencias psicológicas. Con nuestras técnicas de investigación actuales, estamos en condiciones de hacer algo mejor que limitarnos a lanzar al viento ideas sobre la religión: podemos confirmar o descartar la veracidad de muchas de estas ideas. Boyer ha elaborado una lista de razones que se suelen proponer como orígenes de la religión, y sugiere adoptar una perspectiva distinta.[66]

TABLA 1. Qué hay que tener en cuenta y qué hay que evitar en el estudio de la religión. Extraído de Boyer, Pascal, «Religious thought and behavior as by-products of brain function», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 7, vol. 3, 2003, págs. 119-124.

| **No digas que...** | **Mejor di que...** |
|---|---|
| La religión responde a las preguntas metafísicas que nos hacemos las personas. | Los pensamientos religiosos se activan normalmente cuando las personas se enfrentan a situaciones concretas (la cosecha de este año, esta enfermedad, este nuevo nacimiento, este cadáver, etc.). |
| La religión versa sobre un Dios transcendente. | Versa sobre una variedad de agentes: demonios, fantasmas, espíritus, ancestros, dioses, etc., que interaccionan directamente con las personas. |
| La religión alivia la angustia. | Genera tanta angustia como la que alivia: los fantasmas vengativos, los espíritus malvados y los dioses agresivos son tan comunes como las deidades protectoras. |
| La religión fue creada en un momento *m* de la historia humana. | No existe razón alguna para creer que los diversos tipos de pensamientos que denominamos «religiosos» apareciesen al mismo tiempo en las culturas humanas. |

*(continúa en pág. siguiente)*

TABLA 1. *(continuación)*

| **No digas que...** | **Mejor di que...** |
|---|---|
| La religión tiene que ver con la explicación de los fenómenos naturales. | La mayoría de las explicaciones religiosas de fenómenos naturales explican más bien poca cosa y en cambio suscitan misterios considerables. |
| La religión tiene que ver con la explicación de fenómenos mentales (sueños, visiones). | En los lugares donde la religión no se invoca para explicar tales fenómenos, éstos no son considerados intrínsecamente místicos o sobrenaturales. |
| La religión tiene que ver con la moral y la salvación del alma. | La noción de salvación es propia de unas cuantas doctrinas (el cristianismo y las religiones doctrinales de Asia y Oriente Medio) e inédita en la mayoría de las demás tradiciones. |
| La religión produce cohesión social. | El compromiso religioso puede (bajo ciertas circunstancias) usarse como señal de filiación a una coalición, y las coaliciones son tan a menudo causa de fisión (disensión) social como de integración grupal. |
| Las afirmaciones religiosas son irrefutables; es por eso por lo que las personas creen en ellas. | Hay muchas afirmaciones irrefutables en las que nadie cree; lo que tenemos que explicar es por qué algunas resultan verosímiles para ciertas personas. |
| La religión es irracional/supersticiosa (por lo tanto, no vale la pena estudiarla). | El compromiso con agentes imaginarios de ningún modo relaja o suspende los mecanismos ordinarios de formación de creencias; en realidad puede proporcionar importantes datos sobre su funcionamiento (y por lo tanto debe estudiarse en profundidad). |

Cuando hablamos de algo que el cerebro cree o hace, tenemos que volver a su estructura y funciones. Las religiones son ubicuas y, por consiguiente, fáciles de adquirir y transmitir. Acceden a módulos que se usan para actividades no religiosas pero que, como dice Marc Hauser, están «disponibles» para otros usos afines. No existe una única parte del cerebro que se utilice en el pensamiento religioso; entran en juego muchas áreas. Las personas religiosas no tienen una estructura cerebral de la que carezcan los ateos y los agnósticos. Recordemos, sin embargo, que el cerebro también tiene importantes limitaciones. Como lo expresa Boyer, el catálogo de conceptos es limitado; la religión no es un ámbito en el que todo valga. Por ejemplo, para la mayoría de las religiones hay almas muertas invisibles vagando por ahí, pero no glándulas tiroides invisibles. Los

dioses son personas, animales u objetos hechos por el hombre con algún poder por encima de lo común, pero, por lo demás, se ajustan a lo que sabemos sobre el mundo. Un dios tiene una teoría de la mente y puede sentir empatía o no, pero nunca será boñiga de vaca, por ejemplo, o un dedo pulgar.

Las personas no exigen para la religión los mismos criterios de prueba que para otros aspectos de su vida. ¿Por qué seleccionamos ciertas parcelas de la información entrante y no otras para usarlas en los sistemas de creencias? Lo que hemos aprendido sobre los sesgos y la emoción debería ayudarnos a entender esto. Rara vez se recurre a la mente analítica en busca de ayuda. Recientemente se ha conseguido sonsacar otro aspecto interesante a sujetos experimentales: lo que las personas dicen creer y lo que en verdad creen son cosas distintas. En vez del Dios omnipresente, omnipotente y omnisciente en el que dicen creer, cuando no están concentrados en sus creencias emplean un concepto de Dios distinto, más humanizado. Este Dios tiene una atención selectiva (hace una sola cosa cada vez), una localización concreta y un punto de vista particular.[67] Esto no debería sorprendernos, ahora que ya conocemos a nuestro intérprete.

Boyer dice que las religiones parecen «naturales» porque «una variedad de sistemas mentales, especializados funcionalmente en el tratamiento de dominios de información particulares (no religiosos), se activan con las nociones y normas religiosas, de tal modo que estas nociones y normas llegan a ser importantísimas, fáciles de recordar y comunicar, y además intuitivamente convincentes».[68] Echemos un vistazo a nuestra lista de intuiciones morales y veamos cómo distintos aspectos de las religiones pueden considerarse subproductos de tales intuiciones.

### Sufrimiento

Éste es fácil. Muchas religiones hablan del alivio del sufrimiento, se complacen en él o incluso tratan de ignorarlo.

### Reciprocidad

Éste también es fácil. Muchos desastres naturales y personales se explican como castigo de Dios, o de los dioses, por mala conducta, es decir, como castigo a los tramposos. Además, el intercambio social es omnipresente en las religiones: «Si matas a un puñado de infieles inocentes, irás al paraíso y tendrás setenta vírgenes a tu entera disposición». ¿Esto funciona asimismo con las mujeres? O también: «Si renuncias a todos los placeres físicos, serás feliz». O bien: «Si ejecuto

a la perfección esta danza de la lluvia, lloverá». O bien: «Si curas mi enfermedad, nunca volveré a hacer esto o aquello».

## Jerarquía

Otro fácil. Fijémonos en el estatus. Las personas de moral (aparentemente) más elevada gozan de un estatus y una confianza mayores. Gandhi era famoso por su gran éxito con las mujeres (estatus). En otro tiempo, los papas gobernaron vastas extensiones en Europa (estatus, poder, jerarquía). ¿Y qué hay de los ayatolás? Muchas religiones tienen una estructura jerárquica; la más evidente es la de la Iglesia católica, pero no es la única. El islam, el judaísmo y muchas religiones protestantes están organizadas jerárquicamente. Incluso en las sociedades primitivas, los hechiceros ostentaban posiciones de alta estima y poder en sus comunidades. Las divinidades griegas, romanas y nórdicas también tenían estructuras jerárquicas, al igual que las hindúes. Dios es el pez gordo, o bien hay un dios en la cumbre, como Zeus o Thor. El lector ya entiende lo que quiero decir. Las virtudes de respeto, lealtad y obediencia se han metamorfoseado en creencias religiosas.

## Coaliciones y sesgo endogrupal/exogrupal

Por si todavía hay alguien que no se ha dado cuenta, con la religión ocurre lo mismo que con los equipos de fútbol: «Mi religión es la verdadera (endogrupo); tu religión es falsa (exogrupo)». En su forma endogrupal positiva, la religión crea una comunidad cuyos miembros se ayudan unos a otros, como muchos otros grupos sociales, pero en su forma extrema ha sido responsable de gran parte de las matanzas de la historia de la humanidad. Incluso los budistas están divididos en sectas rivales.

## Pureza

Éste también es evidente. El dicho «la comida sin contaminar es buena» ha conducido a muchos rituales y prohibiciones religiosas en relación con la comida. Otros dichos como «el cuerpo sin contaminar es bueno» han llevado a la consideración de determinadas prácticas sexuales, o el sexo mismo, como algo sucio e impuro. ¿Cuántas religiones primitivas usaban vírgenes para el sacrifi-

cio? Podemos empezar por los aztecas y los incas e ir añadiendo ejemplos. Las mujeres violadas son consideradas impuras por la religión musulmana y son rutinariamente asesinadas por sus parientes masculinos en nombre del «honor», práctica en la que los módulos de pureza y jerarquía se combinan de manera perversa. El budismo posee su «tierra pura», en la que todos los que invoquen a Buda tienen el renacer garantizado.

¿Proporciona la religión una ventaja adaptativa? ¿Es producto de la selección natural? Los intentos de demostrarlo no han resultado satisfactorios porque no se ha conseguido aislar una única característica que genere la religión, como observamos en la tabla de Boyer. La selección natural, sin embargo, está detrás de los sistemas mentales utilizados por la religión o, como algunos piensan, parasitados por ella. Las religiones pueden considerarse gigantescos grupos sociales fuertemente coaligados, a menudo con estructura jerárquica, y en los que la reciprocidad se basa en nociones de pureza mental, corporal, o de las dos clases. Los grupos sociales muy grandes pueden gozar de una ventaja adaptativa, estén o no basados en la religión. La ideología puede fortalecer los lazos de coalición, y ello por sí mismo aumentar las posibilidades de supervivencia del grupo. Entonces, ¿son las religiones ejemplos de selección de grupo? Se trata de una cuestión muy controvertida. D. S. Wilson señala que se sabe más sobre la evolución de las manchas de un pez millón que sobre los elementos constitutivos de la religión.[69] La investigación está todavía en curso.

¿Puede resultarnos de ayuda en la actualidad comprender cómo se han generado la moral y la religión? ¿Puede la comprensión de que nuestro cerebro es una máquina diseñada para cazadores-recolectores que vivían en grupos pequeños, repleta de módulos intuitivos que reaccionan de ciertos modos y que todavía no está adaptada a la vida en grandes sociedades, ayudarnos a funcionar mejor en nuestro mundo actual? Al parecer, sí. Matt Ridley[70] pone el ejemplo del fenómeno conocido por la «tragedia de los bienes comunales», según la desafortunada denominación del biólogo Garrett Hardin. Al parecer, Hardin no reparó en la distinción entre tierra de propiedad comunal y tierra de acceso libre para todos. El fenómeno debería llamarse en realidad «la tragedia de los bienes de acceso libre para todos». En el intercambio social, un bien accesible a todos es un blanco fácil para los tramposos. Cada individuo pensará: «Si todo el mundo puede pescar, cazar y usar esta tierra para pastoreo, tengo que sacarle el máximo provecho que pueda ahora, porque si no lo hago yo lo hará otro, y entonces no quedará nada para mí y mi familia».

Sin embargo, Hardin se refería a los pastos comunales como ejemplo de tierras de acceso libre para todo el mundo. Lo que él ignoraba es que la mayoría de los pastos comunales no eran de acceso libre para todos, sino tierras

propiedad de la comunidad sometidas a una regulación estricta. Ridley señala que las tierras abiertas a todos y las tierras comunales reguladas son dos cosas muy distintas. «Regulación estricta» significa que cada miembro ostenta un derecho a hacer algo, como pescar en un área particular, apacentar un número establecido de animales o disponer de zonas específicas para el ganado. Entonces, el mantenimiento del área en buenas condiciones redunda en interés del titular del derecho, lo cual hará posible un intercambio social a largo plazo: «Si yo apacento sólo diez ovejas y tú también apacentas sólo diez ovejas, no sobreexplotaremos los pastos, y éstos podrán proporcionarnos sustento durante un largo periodo». Hacer trampa ya no resulta atractivo.

Por desgracia, esta incomprensión de lo que en realidad ocurría en la mayoría de las tierras de propiedad comunal llevó a muchos economistas y ecologistas de los años setenta del siglo XX a concluir que el único modo de resolver el problema de los tramposos (que en muchas de las tierras comunales ni siquiera existía) era nacionalizar las tierras de propiedad comunal. En vez de varias parcelas de tierra gestionadas comunalmente, se creó una única y enorme parcela gestionada por el gobierno. El resultado fue la sobreexplotación de los bancos de peces por la pesca excesiva, el deterioro de los pastos por el pastoreo excesivo y la extinción de animales salvajes por la caza excesiva, porque los bancos de peces, los pastos y los animales salvajes se convirtieron en bienes de acceso libre para todos a gran escala. No había los guardas suficientes para vigilar a los posibles tramposos, y sólo los necios dejaron de sacar el máximo provecho de ello mientras pudieron.

Ridley explica que esto ha sido una catástrofe para los animales salvajes de África, tras la nacionalización de las tierras por parte de los gobiernos de la mayoría de los países africanos en los años sesenta y setenta del siglo XX. Los animales salvajes eran ahora propiedad del gobierno, y aunque seguían estropeando las cosechas y compitiendo por los pastos, dejaron de ser una fuente de comida o ingresos, salvo para los cazadores furtivos. Ya no existía ninguna razón para protegerlos, y sí todas las razones del mundo para librarse de ellos. Pero los responsables gubernamentales de Zimbabwe advirtieron lo que estaba pasando. Devolvieron la propiedad y la gestión de los animales salvajes a las comunidades, y rápidamente cambiaron las actitudes de la población hacia éstos, que se convirtieron en bienes valiosos que había que conservar. Desde entonces se ha duplicado la cantidad de tierras de titularidad privada que los habitantes de los pueblos destinan a reservas de vida salvaje.[70]

Elinor Ostrom, politóloga que lleva años estudiando los bienes comunales bien gestionados, ha demostrado en el laboratorio que, cuando se les permite comunicarse y desarrollar sus propios métodos para penalizar a los tramposos,

los grupos son capaces de gestionar los recursos comunales casi a la perfección.[71] Y resulta que las cosas que pueden gestionarse son las cosas que pueden ser de nuestra propiedad. Somos territoriales, al igual que los chimpancés y muchos otros animales. Por lo tanto, la comprensión de nuestra reciprocidad intuitiva y sus constricciones, y del hecho de que estamos más cómodos en grupos pequeños, puede llevarnos a mejores prácticas de gestión, mejores leyes y mejores gobiernos. Es exactamente lo mismo que comprender que la planta que acabas de comprar, que viene del desierto, no debe regarse tantas veces como una originaria de los trópicos.

## ¿TIENEN SENTIDO MORAL LOS ANIMALES?

Bien, ésta es una cuestión interesante. Por supuesto, cuando los seres humanos nos lo preguntamos, lo hacemos desde nuestra propia perspectiva, y la cuestión implícita es en realidad si los animales tienen un sentido moral como el nuestro. Acabo de referirme al caso de que muchos estímulos inducen un proceso automático de aprobación (aproximarse) o desaprobación (retirarse), que puede llevar a un estado emocional pleno. El estado emocional produce una intuición moral que puede impulsar a un individuo a actuar. Estas intuiciones morales han surgido de conductas que tenemos en común con otras especies sociales, como la de ser territoriales; emplear estrategias de dominación para proteger el territorio; formar coaliciones para conseguir comida, espacio y sexo; y la reciprocidad. Compartimos algunos aspectos de esta serie con otras especies sociales, y de hecho tenemos las mismas reacciones emocionales, que calificamos de éticas, ante algunos de los mismos estímulos incitadores. Nos ponemos furiosos ante las violaciones de la propiedad o los ataques a nuestra coalición, igual que lo hacen los chimpancés y los perros. De modo que, en este sentido, algunos animales tienen una moral intuitiva que se basa en su pertenencia a una especie determinada, se centra en las jerarquías y conductas sociales que les son propias, y resulta afectada por las emociones que poseen.

Las diferencias residen en la mayor diversidad y complejidad de las emociones morales que tenemos los humanos, tales como la vergüenza, la culpabilidad, la turbación, la repugnancia, el desprecio, la empatía y la compasión, y en las de las conductas a las que estas emociones contribuyen. La más notable de estas conductas es el altruismo recíproco prolongado, del cual los seres humanos son los grandes maestros indiscutibles, aunque también pueden dejarse llevar por el altruismo sin esperar reciprocidad. Sé que los propietarios de pe-

rros me dirán que su perro siente vergüenza cuando, al llegar el amo a casa, se da cuenta de que acaba de mordisquearle los zapatos nuevos. Pero para sentir vergüenza, turbación o culpabilidad, las emociones que Haidt llama autoconscientes, un animal debe tener una autoconciencia que va más allá de reconocer su cuerpo visible, y ser consciente de esta autoconciencia. Hablaremos más sobre la conciencia y la autoconciencia en el capítulo 8; por ahora bastará el anticipo de que todavía está por demostrarse la presencia de este sentido expandido del yo en otros animales. A lo que el perro está reaccionando es al entrecejo fruncido de su amo ante la imagen de los Gucci mordisqueados y a la sequedad de su tono de voz. El animal alfa está furioso. Las emociones morales de vergüenza y turbación tienen sus raíces animales en la conducta de sumisión, pero se han hecho mucho más complejas que eso. Reconocemos en nuestro perro este encogerse sumiso y lo llamamos vergüenza, pero la vergüenza es una emoción más compleja que la que el perro está experimentando. Su emoción no es de culpabilidad o vergüenza sino de miedo ante un capirotazo o a ser castigado sin cenar.

En los seres humanos tiene lugar algo que se añade a las emociones más complejas y a sus repercusiones: la necesidad de interpretar el juicio o la conducta morales. Sólo el cerebro humano busca una explicación para una reacción automática de la que no tiene la menor pista. Ésta es la función interpretativa exclusiva del cerebro humano en acción. Y sospecho que éste es también el momento en que los seres humanos hacemos un juicio de valor sobre nuestras acciones: buena o mala conducta. Resulta interesante la cuestión de hasta qué punto el juicio de valor puede corresponderse con la escala emocional de aproximación/evitación. Hay ocasiones, sin embargo, en las que el yo racional se convierte en participante precoz en el juicio y conforma la conducta. Nosotros los seres humanos podemos inhibir nuestras respuestas emocionalmente condicionadas. Es el momento en que la mente autoconsciente aparece, da un paso al frente y toma el mando. Y es un momento exclusivamente humano.

## CONCLUSIÓN

En cierto sentido, tanto David Hume como Immanuel Kant estaban en lo cierto. A medida que vayamos desgranando la neurobiología de la conducta moral, veremos que parte de nuestra repugnancia ante el asesinato, el robo, el incesto y docenas de otras acciones es resultado de nuestra biología natural, en la misma medida en que lo son nuestros órganos sexuales. Al mismo tiempo, también nos daremos cuenta de que las innumerables costumbres que las per-

sonas generamos para vivir en cooperación unas con otras son a su vez reglas generadas por las innumerables interacciones sociales que tenemos cada día, semana, mes y año de nuestra vida. Y todo esto procede de la mente y el cerebro humanos (y va destinado a ellos).

Podríamos decir que pasamos la mayor parte de nuestra vida en una batalla entre la mente racional y el sistema emocional inconsciente de nuestro cerebro. A cierto nivel, lo sabemos por experiencia. En política, se obtiene un buen resultado cuando la elección racional está en consonancia con las emociones del momento. Una decisión política es en cambio pésima cuando se basa en una elección racional en un momento en que las emociones de la gente son opuestas al desenlace proyectado. A nivel personal, las cosas pueden ser muy distintas. Una mala decisión personal puede ser el producto de una emoción poderosa que invalida una directriz racional simple. Para todos nosotros, esta batalla tiene lugar continuamente y parece no acabar nunca.

Es como si no estuviésemos del todo cómodos con nuestra mente racional y analítica. Es una capacidad nueva en términos evolutivos, que los seres humanos hemos adquirido recientemente y que, al parecer, usamos con cuentagotas. Pero gracias al uso de nuestra mente racional hemos alcanzado otros rasgos exclusivamente humanos: la emoción de repugnancia y sensibilidad a la contaminación, las emociones morales de culpabilidad, vergüenza y turbación, el hecho de enrojecer y llorar. También hemos descubierto que las religiones son grandes grupos sociales que tienen su fundamento en la noción de pureza de la mente o del cuerpo, otro constructo estrictamente humano que tiene sus raíces en la emoción moral de la repugnancia. Y ahí está el omnisciente intérprete, con sus explicaciones de nuestras intuiciones y conductas morales inconscientes. Y también está nuestro cerebro analítico, asomando de vez en cuando. Y no sólo esto; ocurren aún más cosas de las que no somos conscientes. Sigan atentos a nuestra sintonía...

Capítulo 5

# PUEDO SENTIR TU DOLOR

*Si fuese mi corazón el que pensara por mí, ¿empezaría mi cerebro a tener sentimientos?*

VAN MORRISON

Cuando ves que me pillo el dedo con la puerta de un coche, ¿no te estremeces como si te hubiera pasado a ti? ¿Cómo sabes que la leche que tu mujer acaba de oler está agria sin que ella diga nada? ¿Cómo sabes cómo se siente una finalista de la final femenina de gimnasia que opta a la medalla de oro, cuando ves que en la última pirueta en el potro da un traspié, cae y se tuerce el tobillo? ¿En qué se distingue esto de lo que sientes cuando ves a un atracador que huye de su víctima, tropieza en un bache, cae al suelo y se tuerce el tobillo? ¿Cómo es posible leer una novela y sentir las emociones engendradas por la historia? No son más que palabras escritas en un papel. ¿Cómo es posible que un folleto de viajes te haga sonreír?

Si puedes dar con algunas respuestas razonables que te resulten satisfactorias, considera un último fenómeno. El estado del paciente X, que acaba de sufrir un ataque, es el siguiente. Sus ojos siguen siendo capaces de captar estímulos visuales, pero su corteza visual primaria ha resultado destruida. Se ha quedado ciego. No puede ni siquiera distinguir la luz de la oscuridad. Puedes mostrarle imágenes de círculos o cuadrados, o pedirle que distinga entre fotos de hombres y mujeres, y no tiene ni idea de lo que tiene ante sí. Si le enseñas rostros de animales gruñendo o de animales calmados, no sabe qué decir, pero si le enseñas imágenes de rostros humanos enfadados o felices, al igual que otros pacientes con este tipo de lesión cerebral, puede adivinar de qué emociones se trata.[1] Padece lo que se ha dado en llamar «visión ciega».

¿Cómo reconocemos los estados emocionales de los demás? ¿Se trata de una apreciación consciente o automática? Hay un puñado de escuelas de pensamiento que difieren acerca de esta cuestión. Una escuela sostiene que un individuo emplea su propia versión de la psicología, que es o bien innata o bien

aprendida, e infiere el estado mental de los demás a partir de cómo actúan y qué es lo que hacen, dónde están y con quién están, y dónde han estado en el pasado. Es la escuela llamada «teoría de la teoría». Según la otra escuela, uno deduce el estado emocional de otro individuo mediante el intento deliberado y voluntario de simularlo o reproducirlo en su propia mente: primero uno finge que está en la situación del otro e imagina cómo se siente al estarlo, y luego suministra esta información al proceso de toma de decisiones para, finalmente, decidir lo que piensa que el otro está sintiendo. Esta escuela se llama «teoría de la simulación».[2] Ambas teorías son volitivas: defienden que realmente decidimos apreciar el estado emocional del otro. Ninguna de las dos puede explicar la capacidad de X para determinar las emociones reflejadas en las imágenes que se le muestran.

En otra versión de la teoría de la simulación, la simulación no es deliberada y voluntaria sino automática e involuntaria.[3] En otras palabras, simplemente ocurre, sin control ni *input* racional de ningún tipo por nuestra parte. Percibimos un estímulo emocional a través de nuestros sentidos, y automáticamente nuestro cuerpo responde a él simulando la emoción, que nuestra mente racional puede reconocer o no. Esto sí puede ayudarnos a explicar lo que le ocurre al paciente X. Y por supuesto está la teoría combinada, que es en parte teoría de la teoría y en parte teoría de la simulación, en parte automática y en parte volitiva. Como es habitual, gran parte de la controversia tiene que ver con determinar en qué medida lo que sucede es automático, en qué medida es voluntario y en qué medida es una respuesta aprendida. La cuestión de cómo tiene lugar todo esto es muy interesante y a la vez controvertida, pues nuestras interacciones sociales son de una importancia enorme para lo que representa ser humanos, y reconocer las emociones, intenciones y estados mentales de los demás es necesario para interaccionar con ellos.

Está también la cuestión de la empatía, y de comprender por qué algunos individuos la usan de manera selectiva o carecen totalmente de ella. Otros animales sociales comparten por lo menos algunas de nuestras capacidades, pero ¿ocurre en nuestro cerebro algo único que nos permite tener interacciones más complejas? Muchos de los datos acumulados apuntan cada vez más en la dirección de que simulamos automáticamente las experiencias internas de los demás, y de que esta simulación contribuye a la capacidad de sentir empatía y de tener una teoría de la mente. ¿Es todo automático, o participa en tales apreciaciones nuestro cerebro consciente? Veamos lo que se ha descubierto hasta ahora.

## SIMULACIÓN VOLUNTARIA: IMITACIÓN FÍSICA

Hace unos treinta años, el campo de la psicología del desarrollo experimentó una gran sacudida. Hasta entonces, se creía que, cuando los bebés imitaban un comportamiento motor, era por aprendizaje. Según la teoría vigente, la percepción visual de un movimiento y la ejecución del movimiento imitativo por parte del sistema motor eran procesos independientes uno del otro, controlados por distintas partes del cerebro. Entonces, un estudio sobre el comportamiento imitativo de niños pequeños realizado por los psicólogos de la Universidad de Washington Andrew Meltzoff y M. Keith Moore sugirió que tal vez la percepción visual de un movimiento motor (como sacar la lengua o chasquear los labios) y la producción del movimiento imitativo (el hecho de copiar el movimiento) no eran capacidades que se adquiriesen por separado, sino que estaban conectadas de algún modo.[4] Desde entonces, muchos estudios independientes[5] han demostrado que los recién nacidos, entre los cuarenta y dos minutos y las setenta y dos horas de edad, son capaces de imitar expresiones faciales con precisión.[6,7]

Pensemos en ello. No podemos menos que maravillarnos ante lo que el cerebro consigue hacer cuando tiene menos de una hora de edad. Ve una cara que está sacando la lengua, de algún modo sabe que él también tiene una cara y una lengua bajo su mando, decide que va a imitar la acción, encuentra la lengua entre su larga lista de partes del cuerpo, realiza una pequeña comprobación, le manda que salga de la boca, y ahí va. ¿Cómo sabe que la lengua es la lengua?, ¿cómo sabe que el sistema neural está al mando de la lengua?, ¿y cómo sabe lo que tiene que hacer para moverla? ¿Por qué se propone siquiera intentarlo? Evidentemente, no lo ha aprendido mirándose al espejo, ni nadie se lo ha enseñado. La capacidad de imitar tiene que ser innata.[8]

La imitación es el comienzo de la interacción social del bebé. Los bebés imitan las acciones de otros seres humanos, pero no las de objetos; se dan cuenta de que son como los demás.[9] El cerebro tiene circuitos neurales específicos para identificar el movimiento biológico y el movimiento de objetos inanimados, además de circuitos específicos para identificar caras y movimientos faciales.[10] ¿Qué puede hacer un bebé para entrar en el mundo social antes de saber sentarse, controlar su cabeza o hablar? ¿Cómo puede interaccionar con otra persona y formar un vínculo social? Cuando sostienes por primera vez a un bebé, lo que os une a él contigo y a ti con él son sus acciones imitativas. Tú sacas la lengua y él saca la lengua; tú frunces los labios y él frunce los labios. El bebé no está ahí como un objeto sin más, sino que responde de modo que puedas relacionarte con él. De hecho, se ha demostrado que los niños peque-

ños se valen de juegos de imitación para verificar la identidad de las personas, y que para ello no emplean únicamente los rasgos faciales.[11, 12]

Después de cumplir aproximadamente los tres meses de edad, ya no puede suscitarse este tipo de imitación en el bebé. Las capacidades imitativas que se desarrollan a partir de ese momento demuestran que el niño comprende el significado de lo que imita: los movimientos imitativos no tienen por qué ser exactos sino estar dirigidos a un objetivo. El niño es capaz de meter arena en un cubo, pero los dedos que sujetan la pala no tienen por qué disponerse exactamente del mismo modo que los dedos de la persona que le está enseñando cómo usar la pala; el objetivo es meter la arena en el cubo. Todos hemos visto cómo juegan los niños pequeños cuando están juntos, así que no nos resulta nada novedoso saber que los niños de entre 18 y 30 meses utilizan la imitación en sus intercambios sociales, se turnan para ser el imitador y el imitado, comparten temas comunes y, en resumen, usan la imitación como forma de comunicación.[13] Imitar a los demás es un potente mecanismo de aprendizaje y aculturación.[14]

La conducta de imitación voluntaria parece ser rara en el reino animal. No se han aportado datos de imitaciones voluntarias en monos, independientemente de cuántos años llevan siendo entrenados,[15, 16] excepto en un estudio en el que se suscitó un comportamiento imitativo en dos monos japoneses, tras ser objeto de un adiestramiento tan intenso que habían aprendido a seguir la mirada de un ser humano.[17] Pues vaya con lo de «ser un mono de imitación». La cuestión de hasta qué punto existe la imitación voluntaria en otros animales es controvertida. Depende de cómo se defina la imitación y de cuántos factores más estén implicados en ella, entre ellos si la imitación se dirige a un objetivo y si es exacta, motivada, social o aprendida.[18] Al parecer, se da en cierto grado en los grandes simios y algunas aves, y según algunos datos está presente en los cetáceos.[19] El hecho de que haya tantas personas experimentando y buscando pruebas sobre la imitación en el mundo animal, y que sin embargo se hayan encontrado tan pocos datos de que exista, y que los que se han encontrado sean por lo demás de un alcance tan limitado, son indicios de cuán distinta es la ubicua e intensa imitación existente en el mundo humano.

## IMITACIÓN FÍSICA INVOLUNTARIA: MIMETISMO

Hay una diferencia entre imitación activa y lo que se conoce como mimetismo, que es imitación *inconsciente*. En el último capítulo, hemos aprendido un poco sobre mimetismo inconsciente a partir de la investigación realizada por

John Bargh, de la Universidad de Nueva York. Las personas copian inconscientemente los gestos de los demás, y no sólo no saben que lo están haciendo sino que ni siquiera aprecian conscientemente que la otra persona tiene un gesto que ellos podrían estar copiando. Y esto no es todo. ¡Somos máquinas de imitar virtuales! Las personas no sólo imitan los gestos sino que también reproducen inconscientemente las expresiones faciales, las posturas, las entonaciones vocales, el acento[20] e incluso las maneras de hablar y las palabras de los demás.[21] ¿Cuántas veces ha reparado el lector, al telefonear a un amigo, que el pariente o compañero de habitación que responde al teléfono suena igual que su amigo? ¿O qué ocurre con esos matrimonios que se parecen cada vez más?

Nuestra cara es nuestro rasgo social más prominente y refleja nuestros estados emocionales, pero también reacciona ante los estados emocionales de los demás. Esto puede ocurrir tan deprisa que no somos conscientes ni de la expresión de la otra persona ni de que hemos tenido una reacción. En un experimento, se sometió a un conjunto de sujetos a exposiciones de treinta milisegundos de caras felices, neutras y coléricas. Era demasiado poco tiempo para que se dieran cuenta conscientemente de haber visto una cara. Esta imagen iba inmediatamente seguida de imágenes de caras neutras. A pesar de que la exposición a las caras felices y coléricas era inconsciente, los sujetos mostraban reacciones específicas de los músculos faciales correspondientes a las caras felices y coléricas. Se midió la actividad de los músculos faciales mediante electromiografía. Tanto las reacciones emocionales positivas como las negativas fueron evocadas de forma inconsciente; esto demuestra que parte de la comunicación emocional cara a cara tiene lugar de forma inconsciente.[22]

Las personas también imitan los movimientos corporales durante la conversación. Una investigadora registró con una cámara de vídeo una serie de sesiones en las que contaba a un grupo de individuos una historia sobre cómo tuvo que ladearse para evitar ser arrollada en una fiesta, y, para ilustrarlo, se inclinaba a la derecha. El vídeo reveló que, mientras escuchaban, los demás copiaban los movimientos de la mujer y mostraban una fuerte tendencia a inclinarse a la izquierda: la imagen refleja del movimiento de ella a la derecha.[23] ¿Ha reparado alguna vez el lector en cómo su propia manera de hablar cambia cuando viaja a distintas partes del país o a otros países? En una conversación, los interlocutores tienden a armonizar el ritmo del habla, la longitud de las pausas y la probabilidad de romper los silencios.[24] Todo esto tiene lugar sin que nos lo propongamos conscientemente. ¿Con qué fin?

Todo este comportamiento mimético sirve para engrasar la maquinaria de la interacción social. De manera inconsciente, en lo más profundo de esa parte

automática de nuestro cerebro, creamos conexiones con, y afinidad por, otras personas parecidas a nosotros. Piense el lector en cuán a menudo ha dicho algo parecido a «¡Me gustó desde el momento en que la conocí!» o «¡Sólo con verle ya me eché a temblar!». El mimetismo aumenta el comportamiento social positivo. Rick van Baaren y sus colegas de la Universidad de Ámsterdam han demostrado que los individuos a los que se imita son más solícitos y generosos que las personas que no son imitadas, no sólo con su imitador sino también con otras personas presentes.[25] Por lo tanto, cuando imitamos a alguien, es más probable que esa persona se comporte positivamente, no sólo en relación con nosotros sino también en relación con otras personas a nuestro alrededor, promoviendo la empatía, la afinidad y la fluidez en las interacciones.[26] Este acercamiento de las personas mediante el fomento del comportamiento prosocial puede tener valor adaptativo al actuar como el cemento social que mantiene unido al grupo y favorece la seguridad que da un mayor número.[25] Estas consecuencias conductuales constituyen un aval empírico significativo para una explicación del mimetismo en términos evolutivos.

Sin embargo, es difícil imitar conscientemente a alguien. Tan pronto recurrimos al comportamiento imitativo consciente y voluntario, somos demasiado lentos. Recorrer la vía consciente en su totalidad requiere demasiado tiempo. Mohamed Alí, cuyo lema era «flotar como una mariposa, picar como una abeja» y que se movía más rápido que nadie, tardaba un mínimo de 190 milisegundos en detectar un destello de luz y otros 40 en armar el puño. En contraste, un estudio descubrió que un grupo de estudiantes universitarios tardaban sólo 21 milisegundos en sincronizar sus movimientos inconscientemente.[27] Intentar imitar a alguien de forma consciente suele volverse contra el imitador, resulta falso y rompe la sincronía de la comunicación.

Hace unos años, Charlotte Smylie y yo conseguimos averiguar qué hemisferios cerebrales están implicados en las órdenes voluntarias e involuntarias.[28] Mediante experimentos con pacientes con el cerebro dividido, demostramos que, si bien ambos hemisferios pueden generar respuestas involuntarias, sólo el izquierdo produce respuestas voluntarias. Además, el hemisferio izquierdo usa dos sistemas diferentes para producir las respuestas voluntarias y las respuestas involuntarias. Esto queda perfectamente claro al estudiar la enfermedad de Parkinson. Esta enfermedad ataca al sistema neurológico que controla las respuestas faciales involuntarias y espontáneas. Como consecuencia de ello, las personas que padecen dicha enfermedad no muestran las reacciones faciales normales cuando se mantienen interacciones sociales. Quizás en realidad estén pasando un buen rato, pero nadie puede saberlo debido a su «máscara». Los pacientes de Parkinson se lamentan de ello con gran desesperación.

Esto sugiere que la acción física de imitar una expresión facial está íntimamente ligada a la percepción visual de la cara, y tiene lugar tan rápida y automáticamente que ambos procesos parecen depender de vías neuronales estrechamente conectadas. Pero ¿qué hay detrás de la acción? Aunque aparece una sonrisa o una mueca de desdén, ¿qué implican? ¿Realmente siente la otra persona la emoción ligada a la expresión facial imitada? ¿Puede este mimetismo ayudarnos a descubrirlo?

## ¿Mimetismo emocional?

Si el mimetismo automático inconsciente tiene lugar a través de acciones físicas, ¿ocurre lo mismo cuando observamos estados emocionales? Cuando me corto el dedo, ¿copias automáticamente cómo me siento y te estremeces, o lo deduces mediante un razonamiento consciente? ¿Y qué hay entonces de ese escalofrío que te sube por la espalda? ¿Lo generas conscientemente, o es una respuesta automática? Cuando imitamos automáticamente una cara triste (al realizar la mera acción física), ¿nos sentimos también tristes de verdad? Cuando realmente sentimos la emoción, ¿qué tiene lugar primero, la emoción o la expresión facial? Cuando nos apercibimos de la emoción del otro, por ejemplo la de sentirse triste, ¿lo hacemos automáticamente? Puede que, una vez que ponemos la cara triste automática, nos digamos conscientemente a nosotros mismos: «Mira tú, resulta que la expresión que tengo en la cara es la misma que tuve aquella vez que me sentí triste, y Sam tiene la misma expresión de marras, o sea, que estará triste. Recuerdo la última vez que me sentí triste, y no me gustó ese sentimiento, así que seguro que a él tampoco. Pobre chaval».

¿Simulamos consciente o inconscientemente los estados emocionales de los demás? Si es así, ¿cómo lo hacemos, y cómo reconocemos de qué emoción se trata? Hay que ser un poco cuidadosos con esto. Me pregunto si el lector ha reparado en la palabra que acabo de dejar caer como de paso en el último párrafo: «sentimiento». Antonio Damasio ha puesto el dedo en la llaga al distinguir las definiciones de «emoción» y «sentimiento». Damasio define un sentimiento como «la percepción de cierto estado del cuerpo (la emoción) junto con la percepción de cierto modo de pensar y de los pensamientos sobre ciertos temas». El cuerpo puede responder a un estímulo con una emoción automática, pero no podemos decir que tenemos un sentimiento hasta que el cerebro consciente no reconoce esta emoción. Damasio subraya el hecho de que la emoción es lo que causa el sentimiento, y no a la inversa. Al contrario de lo que piensa la mayoría de la gente sobre cómo funciona el cerebro.[29]

## CONTAGIO EMOCIONAL

Empecemos por los bebés. ¿Qué sucede cuando visitamos la sala de recién nacidos de la maternidad y todos los bebés están llorando a la vez? ¿Es posible que estén todos hambrientos y mojados exactamente al mismo tiempo? Seguro que no, con todas esas enfermeras de un lado a otro. Ciertos estudios con recién nacidos han demostrado que la exposición al llanto de otro bebé induce una respuesta de ansiedad, y se suman al llanto colectivo. Sin embargo, su propio llanto, grabado previamente y reproducido ante ellos, o el de un bebé varios meses mayor, o ruidos estridentes de distintos tipos, no les provocan ninguna respuesta de ansiedad, y no lloran. El hecho que los bebés sean capaces de discriminar entre su propio llanto y el de otros bebés sugiere que tienen una comprensión innata de la diferencia entre los demás y ellos mismos.[30, 31]

¿Se trata de una expresión rudimentaria de «contagio emocional»? El contagio emocional es la tendencia a imitar automáticamente expresiones faciales, vocalizaciones, posturas y movimientos de otra persona, y en consecuencia converger emocionalmente con ella.[27] Eso es lo que parece, sin duda, puesto que si fuese sólo una respuesta al llanto o a los ruidos estridentes en general, el recién nacido debería llorar incluso cuando oye su propio llanto grabado, no sólo el de otros. Esto también desmiente la teoría de la teoría, porque entonces deberíamos suponer que el bebé está pensando lo siguiente: «Aidan, Liam y Seamus están llorando en las cunas a mi alrededor, y sé que cuando yo lloro es porque estoy hambriento, mojado o sediento, lo cual, por supuesto, resulta incómodo. No obstante, yo me siento bien. Tengo los pañales secos, acabo de comer y estaba a punto de echar una cabezadita. Pero estos muchachos deben ser muy desgraciados, sólo hay que oírlos. Creo que voy a mostrar un poco de solidaridad infantil y armar un escándalo con ellos». Tal vez demasiado sofisticado para un bebé de tres horas de edad, que todavía no ha desarrollado la capacidad de reconocer conscientemente que otros tienen creencias y emociones distintas.

Consideremos ahora la siguiente situación: estás riendo con una amiga cuando suena el teléfono y ella lo coge. Te sientes de maravilla, sentado al cálido sol primaveral, disfrutando de un humeante *cappuccino*, pero entonces ves la cara de tu amiga y al instante te das cuenta de que algo va muy mal. En un segundo, ya no te sientes de maravilla, sino angustiado. Has captado su humor con un solo vistazo.

Un interesante experimento, realizado por Roland Neumann y Fritz Strack, psicólogos de la Universidad de Würzburg, Alemania, demuestra el contagio del humor. Neumann y Strack estaban interesados en averiguar si

una persona sin ninguna motivación social para interaccionar con otra captaría aun así su humor. También querían saber si el contagio era automático o el resultado de adoptar la perspectiva del otro. Con el fin de descubrirlo, hicieron que un grupo de sujetos escucharan la grabación de un texto filosófico más bien árido, leído por una persona con voz alegre, triste o neutra. Entretanto, también encomendaban a sus sujetos pequeñas tareas físicas mientras escuchaban la grabación. Estas tareas servían para distraer su atención del verdadero significado de lo que se estaba leyendo y la emotividad de la voz, a fin de que ello no les influyera. Entonces se les pedía que leyeran en alto el mismo texto mientras se les grababa. Los sujetos no sólo imitaron automáticamente el tono de voz de la otra persona —feliz, triste o neutra—, sino que, lo que resultaba aún más interesante, también se contagiaron del humor de la voz imitada. Eran completamente incapaces de reconocer por qué se sentían como se sentían, y no se habían percatado de si la voz que estaban reproduciendo sonaba triste o alegre.[32] Así que, aunque nunca hubo ni habría auténtica interacción social, el texto que leían carecía de carga emocional alguna y se había desviado su atención, imitaron de manera automática el tono del lector y, a juzgar por la voz, se sentían con el mismo estado de ánimo

Según la definición de los investigadores, una emoción tiene dos componentes, un humor y el conocimiento de por qué se siente ese humor. El humor es definido como el componente experiencial mismo, sin el conocimiento.

Neumann y Strack hicieron entonces otro experimento. Hasta ese momento, habían distraído la atención de los sujetos para que no se dieran cuenta de que la persona cuya voz habían estado escuchando expresaba una emoción. En este último experimento, pidieron a la mitad de los participantes que adoptaran la perspectiva del lector, con la idea que así reconocerían *conscientemente* el componente emocional de la voz. A partir de ese momento, los sujetos que habían recibido la instrucción de adoptar la perspectiva del lector fueron capaces de afirmar que habían *sentido* la emoción de alegría o tristeza.

## *Los niños adoptan el humor de sus madres*

Las madres deprimidas influyen en sus bebés. Según ciertos estudios sobre díadas madre-bebé, las madres deprimidas muestran normalmente poca afectividad hacia sus hijos, les proporcionan menos estimulación y responden menos apropiadamente a sus acciones. Por su parte, sus bebés están menos atentos, muestran menos expresiones de satisfacción y son más irritables y menos activos que los bebés cuyas madres no están deprimidas.[33,34] Las interacciones

con la madre deprimida les provocan excitación fisiológica: presentan reacciones de estrés, como indican sus elevados ritmo cardíaco y nivel de cortisona.[35] También parecen mostrar un ánimo deprimido, a pesar de diversas diferencias en el modo en que les tratan sus madres deprimidas.[36] Por desgracia, estas interacciones pueden tener efectos a largo plazo en estos niños.

Por supuesto, el fenómeno del contagio del humor no debería sorprendernos demasiado. Salimos del supermercado riendo y sintiéndonos bien después de oír las bromas de un cajero divertido, o cuando un desconocido sonriente nos dirige un gesto amable. Un compañero de habitación o un miembro de la familia deprimido ensombrecen el humor de todas las personas que viven en la casa. Un invitado deprimido, furioso o negativo puede echar a perder una fiesta, mientras que un grupo de invitados joviales asegura su éxito. Los humores son sutiles y pueden cambiar por una palabra, una pintura o una canción. Gracias al conocimiento del contagio del humor, podemos incrementar la frecuencia de nuestro buen humor situándonos en lugares «infectados» de buen humor, con el fin de poder contagiarnos. Tales lugares incluyen salas de fiestas, restaurantes animados, películas divertidas, parques con niños divirtiéndose y riendo, habitaciones con colorido y locales exteriores con bellas vistas. De modo que los estados de ánimo y las emociones parece que son automáticamente contagiosos. ¿Qué es lo que pasa en el cerebro para que esto suceda?

## *¿Mecanismos neurales para el contagio emocional?*

Veamos si podemos averiguar, a partir de estudios de neuroimágenes, cómo y por qué se produce el contagio emocional. Dos estados emocionales bien estudiados en los seres humanos son la repugnancia y el dolor, «¡puaj!» y «¡ay!». Estos estados parecen un material excelente para nuestros intereses. ¡Qué suerte tenemos de que existan los estudiantes de psicología! («Hola, me gustaría participar en el experimento sobre repugnancia o, si éste está completo, ¿podría apuntarme al del dolor?»).

Un grupo de voluntarios vio una película en la que alguien olía distintas fragancias, algunas repugnantes, otras placenteras y otras neutras, mientras se les escaneaba el cerebro mediante RMF. Resultó que se activaban automáticamente las mismas áreas del cerebro, la ínsula anterior izquierda y la corteza cingulada anterior derecha, tanto durante la observación en el vídeo de las expresiones faciales de repugnancia, como al experimentar las emociones de repugnancia evocadas por la fragancia desagradable. Esto sugiere que la com-

prensión de las expresiones faciales de repugnancia en otra persona supone la activación de la misma parte del cerebro que se activa normalmente cuando se experimenta esa misma emoción.

La ínsula se ocupa además de otras tareas. También responde a la estimulación gustativa: no sólo a las fragancias repugnantes sino también a los sabores repugnantes. La estimulación eléctrica de la ínsula anterior durante una intervención de neurocirugía origina una náusea o la impresión de estar a punto de vomitar,[37] actividad visceromotora (sentir el estómago revuelto), y sensaciones desagradables en la boca y la garganta.[38] Así pues, la ínsula anterior participa en la transformación de los estímulos desagradables, sea la percepción verdadera del olor o sabor repugnante, o la mera observación de la reacción facial de otra persona, en reacciones visceromotoras y en la sensación física que acompaña a la emoción de repugnancia.

Por tanto, al menos para la repugnancia, hay en el cerebro un área común que se activa al contemplar visualmente la expresión facial de la emoción en otra persona, al tener uno mismo la respuesta visceral y al sentir la emoción: los tres casos forman parte de un mismo paquete cerebral.[39] La expresión de repugnancia que ves en la cara de tu mujer cuando está olisqueando la leche agria activa tu propia emoción de repugnancia. Afortunadamente, no necesitas olerla tú mismo. Es evidente que esto proporciona una ventaja evolutiva: tu compañero toma un pedazo del cadáver podrido de una gacela y pone cara de asco; ahora ya no tienes que probarla tú. Curiosamente, no sucede lo mismo con las fragancias agradables. Éstas activan sólo la ínsula posterior derecha, y sabemos que no obtenemos la misma respuesta visceromotora.

Al parecer, el dolor también es una experiencia compartida. Todos nos horrorizamos ante la escena de la tortura dental en la película *Marathon Man*. En nuestro cerebro, hay un área que responde tanto a la observación del dolor ajeno como a la experiencia del propio. Se escaneó a varias parejas de voluntarios mediante RMF mientras a uno se le administraba una dolorosa descarga eléctrica en la mano y el otro lo observaba. Existen conexiones anatómicas entre las regiones que constituyen el sistema de dolor en el cerebro; estas regiones no funcionan cada una por su cuenta sino que son muy interactivas. Sin embargo, parece haber una separación entre las percepciones sensoriales («¡Esto tiene que doler!») y las percepciones emocionales de dolor, tales como su anticipación y la angustia que produce («Sé que me va a doler, ay, démonos prisa y acabemos con ello de una vez, ay ay ay, pero ¿cuándo va a ocurrir?»). Lo que los escáneres revelaron fue que tanto el observador como el receptor del dolor mostraban actividad en la parte del cerebro que está activa en la percepción

emocional del dolor,* pero sólo el receptor del dolor mostraba actividad en el área activa en la experiencia sensorial, lo cual es bueno:** [40] Tú no quieres que al enfermero que te atiende lo tengan que anestesiar para que te pueda escayolar el fémur fracturado; lo que quieres es que sea cuidadoso con tu pierna dolorida; quieres que se dé cuenta de que tú sientes dolor, pero no que lo sienta también él hasta el punto de quedar inmovilizado por esa causa.

Con toda evidencia, se activa la misma área del cerebro, trátese de una previsión del propio dolor o de una previsión de dolor ajeno. La observación de imágenes de seres humanos en situaciones dolorosas también genera actividad cerebral en el área que se activa en la evaluación emocional de dolor,*** pero no en el área que se activa en la sensación de dolor real.[41] Según ciertos datos, las mismas neuronas median en la evaluación emocional tanto del dolor personal como del dolor ajeno. En casos muy raros de pacientes a los que se había extirpado porciones de la corteza cingulada, se examinaron sus neuronas con microelectrodos bajo anestesia local. Se demostró así que la misma neurona de la corteza cingulada anterior que se disparaba al experimentar un estímulo doloroso, lo hacía también al preverlo y al observar uno.[42] Esto indica que la observación de una emoción en otra persona puede traducirse automáticamente en actividad cerebral, en cierto grado equivalente a la de la propia experiencia de la emoción.

Estos hallazgos tienen consecuencias muy interesantes para la emoción de la empatía. Sin adentrarnos en una larga discusión sobre la definición de empatía, podemos convenir por lo menos en que implica ser capaz de detectar con precisión la información emocional transmitida por otra persona, ser conscientes de ella y preocuparnos por ella. Preocuparnos por el estado de otra persona es un comportamiento altruista, pero no pucde llevarse a cabo sin disponer de buena información. Si no soy capaz de detectar tu emoción con precisión, si creo que sientes repugnancia cuando en realidad sientes dolor, reaccionaré inapropiadamente, por ejemplo, dándote un supositorio de domperidona en vez de un paracetamol.

Tania Singer y sus colegas del University College de Londres, que realizaron la investigación sobre el dolor con parejas de sujetos a la que nos acabamos de referir, se preguntaban, como nos preguntaríamos nosotros, si los observa-

* La corteza cingulada rostral anterior, la ínsula bilateral anterior, el tronco del encéfalo y el cerebelo.

** La ínsula posterior, la corteza secundaria somatosensorial, la corteza sensoriomotora y el cingulado caudal anterior.

*** El cingulado anterior, la ínsula anterior, el cerebelo y, en menor medida, el tálamo.

dores que tienen mayor actividad cerebral relacionada con el dolor se comportarían con mayor empatía. Para averiguarlo, pasaron a las parejas un test estandarizado que determina la empatía emocional y la preocupación por el otro. De hecho, los individuos que puntuaron más alto en las escalas de empatía general mostraban una actividad cerebral más intensa en las porciones del cerebro correspondientes cuando percibían que su pareja estaba sintiendo dolor. También hallaron una correlación entre la capacidad de empatía que se atribuía un sujeto a sí mismo y la actividad en la zona rostral anterior de la corteza cingulada, un área situada cerca del centro del cerebro. También en el segundo estudio, cuando los sujetos veían imágenes de situaciones dolorosas, había una clara correlación entre su evaluación del dolor de otras personas y la actividad en su corteza cingulada anterior. Cuanta más actividad, mayor era el dolor que declaraban percibir, lo cual indica que la actividad de esta región del cerebro varía en función de la reactividad de los sujetos al dolor ajeno.

El trabajo sobre la repugnancia y el dolor sugiere que la simulación de estas emociones es automática. Sigue pendiente de respuesta la cuestión de si la simulación de la emoción aparece primero y a continuación sigue la imitación física automática, o la imitación automática va seguida de la emoción. Cuando ves la cara de tu mujer después de oler la leche agria, ¿copias automáticamente su expresión y entonces sientes la repugnancia, o ves la expresión facial de repugnancia, sientes tú mismo repugnancia y entonces pones automáticamente cara de asco? En este caso particular, el dilema del huevo y la gallina sigue sin resolverse.

## SIMULACIÓN FISIOLÓGICA

Cuando sentimos emociones negativas, tales como miedo, cólera o dolor, también tenemos una reacción fisiológica, al igual que los bebés tienen una reacción de estrés al oír a otros recién nacidos llorando o al interaccionar con una madre deprimida. El corazón nos late más deprisa, y puede que sudemos o sintamos un escalofrío en la espalda, etcétera. De hecho, cada emoción diferente lleva asociada un conjunto diferente de respuestas fisiológicas.[43, 44] Son específicas de cada emoción. ¿Podría tu respuesta fisiológica al observar una situación servir para predecir exactamente cómo has interpretado la emoción de la otra persona? ¿Serías más capaz de juzgar la emoción de otra persona cuánto más similar fuese tu respuesta fisiológica a la suya?

Esto es lo que Robert Levenson y sus colegas de la Universidad de California, en Berkeley, demostraron que ocurre con las emociones negativas. Midie-

ron cinco variables fisiológicas* en un grupo de sujetos mientras estaban viendo cuatro conversaciones diferentes entre parejas casadas registradas en vídeo. Estas mismas variables se midieron en las parejas mientras mantenían las conversaciones, a lo largo de las cuales los sujetos debían describir lo que creían que estaba sintiendo el marido o la mujer. Los sujetos cuyas respuestas fisiológicas autónomas simulaban más fielmente las de la persona que estaban observando interpretaron, en efecto, con mayor exactitud su emoción negativa. Esto no fue así en el caso de las emociones positivas. Dichos resultados sugieren que, en el caso de las emociones negativas, hay una relación entre la conexión fisiológica (cuán fielmente uno simula la respuesta fisiológica) y la exactitud de la evaluación. Los investigadores sugieren la tesis de que los individuos con mayor empatía (es decir, los más precisos a la hora de evaluar las emociones negativas de las personas observadas) serán más proclives a experimentar las mismas emociones negativas. Estas emociones negativas producirían patrones similares de activación del sistema autónomo tanto en el sujeto como en la persona observada, con el resultado de un nivel más elevado de vinculación fisiológica.[45] La otra cuestión que se plantea es la siguiente: «Las personas más sensibles a sus respuestas fisiológicas, ¿sienten unas emociones más intensas? Si soy muy consciente de que mi corazón está latiendo más deprisa y estoy sudando, ¿estoy entonces más angustiado o asustado que alguien que no se da cuenta? Si presto más atención a mis respuestas fisiológicas, ¿siento entonces mayor empatía por los demás?».

Hugo Critchley y sus colegas de la Brighton and Sussex Medical School, en Inglaterra, dieron con la respuesta a esta cuestión y además obtuvieron un pequeño plus de información suplementaria.[46] Pidieron a un grupo de personas que respondieran a un cuestionario que evaluaba los síntomas de ansiedad, depresión y experiencias emocionales positivas y negativas. Ninguno de los sujetos obtuvo una puntuación correspondiente a un diagnóstico de ansiedad ni de depresión. Entonces les escanearon el cerebro con un aparato de RMF mientras determinaban si una señal auditiva, una nota musical que se repetía, estaba o no sincronizada con el latido de su corazón. Con ello se medía su atención a un proceso fisiológico (el latido de su corazón). También se les pidió que escuchasen una serie de notas y distinguiesen cuál estaba en un tono diferente. Con ello se medía su percepción, su capacidad de distinguir diferencias entre estímulos sensoriales. El objetivo era separar la intensidad con que

* Ritmo cardíaco, conductividad de la piel, tiempo de transmisión del pulso hasta el dedo, amplitud del pulso del dedo y actividad somática.

uno siente un dolor (percepción) de la intensidad con que uno se concentra en él (atención).

Los investigadores midieron también el tamaño de las regiones cerebrales activadas. Descubrieron que la actividad en la corteza insular anterior derecha y en la corteza opercular predecía muy bien la exactitud con que los sujetos detectaban (atención) el latido de su corazón. ¡Y que el tamaño de esta porción particular del cerebro es en sí mismo relevante! Cuanto más grande es, mayor es la exactitud con que la persona es capaz de detectar su estado fisiológico interno, aparte de que estas mismas personas también habían declarado mayores niveles de conciencia corporal. Sin embargo, no todos los sujetos que habían afirmado tener una elevada conciencia corporal eran de veras hábiles en la detección del latido del corazón. Es el viejo problema de quienes creen que son mejores de lo que en realidad son. Con una sola excepción, los realmente competentes a la hora de detectar el latido de su corazón eran sólo los que tenían un mayor volumen de esta área cerebral en particular: cuanto mayor es la ínsula anterior derecha, más autoconciencia corporal y más empatía. La excepción eran los que obtuvieron una puntuación más alta en experiencias emocionales negativas en el pasado, que también eran más precisos en la tarea de detectar el latido de su corazón.

Estos hallazgos indican que la ínsula anterior derecha está implicada en las respuestas viscerales que es posible reconocer (de las que ya hemos hablado en relación con los experimentos sobre la repugnancia), y que el reconocimiento de estas respuestas puede desembocar en sentimientos subjetivos. Algunas personas identifican mejor que otras estas señales internas. Ciertas personas simplemente han nacido con una ínsula mayor, pero también hay otras que han adquirido esta capacidad al tener más experiencias negativas en su pasado. Estos resultados tal vez expliquen por qué algunos individuos son más conscientes de sus emociones que otros.[47]

## DÉFICITS PARALELOS

Los hallazgos anteriores, junto con el descubrimiento de que una mayor actividad neural asociada al componente emocional del dolor aumenta la empatía, plantean la siguiente cuestión: si alguien no puede sentir una emoción (no hay actividad cerebral ni respuesta fisiológica), ¿es capaz de reconocerla en otra persona? Esto pone en entredicho uno de los principales presupuestos de la teoría de la simulación: que simulamos el estado mental de la otra persona y luego, a partir de nuestra propia experiencia personal de este estado mental,

predecimos cómo se siente el otro o cuál será su conducta. ¿Es esto cierto? ¿Existen déficits paralelos? Si una persona tiene una lesión en la ínsula, ¿es incapaz tanto de sentir repugnancia como de reconocerla? Si nada me repugna, ¿soy capaz de reconocer la repugnancia que sientes tú? ¿Y qué ocurre cuando hay una lesión en la amígdala, cuáles son las consecuencias? Las personas que sufren una lesión cerebral que afecta una emoción en particular, ¿tienen afectada su capacidad para detectar esa misma emoción en otros?

Se ha demostrado que, efectivamente, estos déficits paralelos existen. Andrew Calder y sus colegas, de la Universidad de Cambridge, estudiaron un paciente con la enfermedad de Huntington que presentaba daños en la ínsula y en el putamen. Partieron de la hipótesis de que, a la luz de los estudios de neuroimágenes que demuestran que la ínsula está implicada en la emoción de la repugnancia, su paciente debía tener limitada la capacidad de reconocer la repugnancia en otros y además debía presentar él mismo una debilitación en las reacciones de repugnancia. Esto resultó ser cierto. El paciente no reconocía la repugnancia a partir de señales faciales ni de señales verbales, como las que se emiten cuando se tienen arcadas, y mostraba menos repugnancia que los sujetos normales en situaciones que la provocan.[48]

Ralph Adolphs y sus colegas en el Caltech y la Universidad de Iowa tenían un paciente con una lesión rara en la ínsula bilateral. Era incapaz de reconocer la repugnancia en las expresiones faciales, en las acciones y en las descripciones de acciones o las imágenes de cosas repugnantes. Cuando le explicaban algo sobre una persona que vomitaba, y luego le preguntaban cómo se sentiría esa persona, contestaba que estaría «hambrienta» y «disfrutando». Después de presenciar cómo alguien simulaba vomitar comida en mal estado, dijo «está gozando de una comida deliciosa». No reconocía la repugnancia en los demás, ni parecía sentir él mismo la emoción de repugnancia. Se observó que comía indiscriminadamente, incluso cosas que no eran comestibles, y que «no muestra ninguna repugnancia ante estímulos relacionados con la comida, tales como imágenes de comida plagada de cucarachas».[49] Recordemos que en el último capítulo vimos que la repugnancia es, al parecer, una emoción exclusivamente humana.

Volvamos ahora a la amígdala. Acabamos de ver que la amígdala es parte del sistema del dolor, pero en un capítulo anterior hemos visto que también está relacionada con el miedo. Adolphs y su equipo han descubierto que las personas con lesiones en la amígdala del hemisferio derecho presentan déficits en el reconocimiento de varias expresiones faciales negativas, incluidas las de miedo, cólera y tristeza, si bien las personas cuya lesión está en la amígdala del hemisferio izquierdo son perfectamente capaces de reconocer estas expresio-

nes. Las lesiones en la amígdala no afectan a la capacidad de reconocer expresiones de felicidad.[50] Los pacientes con lesiones bilaterales de la amígdala (aunque la causa del problema sea el daño en el hemisferio derecho) parecen tener un deterioro selectivo de la capacidad para interpretar expresiones de miedo.[50,51,52] En un grupo de nueve pacientes con lesión bilateral de la amígdala (hay muy pocas personas con semejante lesión) se observó que, pese a comprender intelectualmente qué tipo de situaciones resultan temibles (un coche dirigiéndose a toda velocidad hacia ellos, enfrentarse a una persona violenta, la enfermedad y la muerte), no podían reconocer el miedo en las expresiones faciales de otras personas.[53] En otro estudio, un paciente con daño bilateral en la amígdala no fue capaz de reconocer el miedo en las expresiones faciales, los sonidos emotivos o las posturas de otras personas. Su propia experiencia cotidiana de emociones como la cólera (una emoción que reconocían sin dificultad en los demás) y el miedo resultaba muy limitada en comparación con los sujetos neurológicamente normales. Su reducido nivel de miedo le permitía emprender actividades tales como la caza de jaguares en la cuenca del Amazonas o cazar colgado de un helicóptero en Siberia.[54] Estos pacientes nos han mostrado que hay un vínculo entre no percibir una emoción y no sentirla, y dan a entender que una lesión neural que impida sentir o simular una emoción también puede impedir reconocerla en otras personas.

¿Y qué ocurre con el paciente X, que a pesar de tener un ataque de ceguera podía adivinar las expresiones faciales de emoción? Cuando se le escaneó con RMF mientras lo hacía, se observó la activación de su amígdala derecha.[1] ¿Recuerda el lector lo que hemos aprendido de la vía rápida del miedo, en virtud de lo cual la información entrante va al tálamo y de ahí directamente a la amígdala? Esto es lo que le ocurría al paciente X. Los estímulos visuales todavía pueden llegar a la amígdala aunque la conexión con la corteza visual esté dañada, y la amígdala sigue desempeñando su tarea. La amígdala no está conectada con el centro del habla. No puede decirle al centro del habla: «Acabo de ver una cara muy asustada» para que el paciente X pueda adivinar que la foto que se le presenta es la de una persona asustada. En vez de ello, la amígdala crea una emoción. El paciente X simula automáticamente la emoción; es entonces cuando puede adivinar la expresión, basándose en cómo se siente él mismo. ¡No tiene necesidad del cerebro consciente para reconocer la emoción!

Con toda esta disertación sobre áreas del cerebro que se activan estoy apuntando al hecho de que en esas regiones está teniendo lugar un proceso neuroquímico. Otra manera de investigar el reconocimiento de emociones es bloqueando artificialmente una emoción con una droga que la suprima, y observar luego si el sujeto puede reconocer la emoción en otra persona. Esto es lo

que se hizo en un estudio sobre el reconocimiento de la cólera. En las disputas en torno a la territorialidad o el dominio se produce una forma de agresión humana, que está asociada a la expresión facial de cólera. Tu vecino cree que la franja de terreno que hay entre las entradas a vuestras respectivas casas es suya; tú crees que es tuya. Cuando ve que has cavado y plantado rosas en ella, se encoleriza y las arranca. Entonces te encolerizas tú.

Andrew Lawrence, Trevor Robbins y sus colegas en Cambridge plantearon que podría haber evolucionado un sistema neural específico para reconocer y responder a esta amenaza específica o desafío. En muchos animales, se ha demostrado que una atención creciente hacia este tipo de encuentros agresivos está asociada a la producción de niveles cada vez mayores del neurotransmisor dopamina. Cuando suministramos a un animal una droga que bloquea la acción de la dopamina, se mitigan las reacciones a este tipo de encuentros, pero sin que resulte afectado el sistema locomotor del animal: de modo que, si el animal no reacciona ante un acto agresivo, sabemos que no es porque no pueda moverse. Podrías aserrar el preciado sicomoro de tu vecino, que deja caer sus hojas por todo tu jardín, pero no lo haces. Los investigadores se preguntaban si bloquear la dopamina no reduciría sólo la *reacción* ante expresiones de cólera, sino también el *reconocimiento* de las expresiones de cólera.

Y esto es lo que de hecho ocurría: «Por Dios, Fred, ¿por qué has arrancado mis rosas? Vale, vale, oye, ¿cómo van los Sox esta temporada?» Y, lo que resulta más interesante aún, el bloqueo de la dopamina no tuvo ningún efecto en la capacidad de reconocer todas las demás emociones. «Por cierto, parece que tu mujer te está mirando con cara de asco, ¿se encuentra bien?» Los indicios de que existe un sistema distinto para el procesamiento de señales emocionales específicas (por ejemplo, el miedo, la repugnancia y la cólera) refuerzan la idoneidad de los enfoques psicoevolutivos en el estudio de la emoción. Sugieren que quizás evolucionaron sistemas distintos para esas emociones negativas, con el fin de detectar y coordinar respuestas flexibles a diferentes amenazas o desafíos del entorno ecológico.[55]

## ¿Simulan la conducta y las emociones los otros animales?

Según ciertos datos, en primates no humanos existe un tipo similar de simulación emocional automática. Se ha identificado imitación emocional en monos en el laboratorio. Y al igual que ocurre con los seres humanos, determinados daños en la amígdala produjeron una reducción del miedo y la agresividad y un aumento de la docilidad en macacos.[56] Los macacos con la amígdala lesio-

nada eran más sumisos y anormalmente amigables. Si estos monos también imitan emociones, y la amígdala desempeña en su emoción del miedo un papel similar al que tiene en los seres humanos, es de esperar que partes de su amígdala se activen al ver a otro individuo con expresión asustada en el rostro. Ciertos estudios centrados en neuronas individuales han demostrado que esto ocurre. Es evidente que hay contagio emocional en monos. También se ha demostrado que se da en ratas y palomas. Así que el contagio emocional no es exclusivo de los seres humanos. Muchos investigadores creen que es el fundamento necesario de la emoción más evolucionada de la empatía, que requiere la posesión de conciencia y de capacidad para preocuparse por los demás.

La cuestión de si la empatía es una emoción exclusivamente humana o hay otros animales que la comparten es en la actualidad objeto de una activa investigación, con partidarios de ambas posiciones. Todo el mundo está de acuerdo en que la empatía humana sobrepasa con mucho su alcance en otros animales. Ciertos estudios con ratas han demostrado que las que han aprendido a presionar una barra para obtener comida dejan de hacerlo si ven que otra rata recibe una descarga eléctrica al llevar a cabo dicha acción.[57] Se han realizado varias permutaciones de este test, pero la cuestión básica sigue siendo la de si la rata deja de presionar la barra movida por impulsos altruistas y de empatía o debido a que le resulta desagradable la experiencia de ver que otra rata recibe una descarga eléctrica. La diferencia es la que hay entre una respuesta a la percepción visual de algo desagradable y todo lo que constituye la empatía: posesión de una teoría de la mente, autoconciencia y altruismo. Este dilema también planea sobre otros estudios que se han hecho con monos resus. Todavía están por diseñar los experimentos que permitan distinguir ambos tipos de respuesta de modo convincente.

Otro campo de exploración prometedor es el bostezo en los chimpancés. En un grupo de chimpancés, un tercio de entre ellos bostezan al ver vídeos de otros chimpancés bostezando.[58] Entre el 40 y el 60 % de las personas bostezan al ver vídeos de bostezos. En este momento, yo mismo estoy bostezando. Se ha sugerido que el bostezo contagioso podría ser una forma primitiva de empatía. Steve Platec y sus colegas sugieren que no se trata de una mera acción imitativa, sino que están ahí implicadas partes del cerebro asociadas a la teoría de la mente y la autoconciencia.[59] Platec ha descubierto que las personas más susceptibles al bostezo contagioso también identifican su propia cara con mayor rapidez y ejecutan mejor tareas de teoría de la mente. Invoca datos procedentes de neuroimágenes neurales que apoyan esta idea.[60] Evidentemente, la empatía que revelan algunas conductas humanas supera en mucho al bostezo contagioso. Pese a que se hayan observado algunas conductas precursoras de la empatía

en chimpancés, lo cual no resulta muy sorprendente, por el momento no se han obtenido datos que demuestren la presencia de empatía consciente y altruista en otros animales.

## Otra vez las neuronas espejo

¿Cómo vincula el cerebro la observación de una expresión facial a la acción de copiarla? ¿Cómo vincula una expresión facial a una determinada emoción? Tal vez el lector ya se estaba preguntando de nuevo por las neuronas espejo. ¡Esos cachorros son importantes! La primera prueba concreta de que quizás existe un vínculo neural entre observación e imitación de una acción fue el descubrimiento de las neuronas espejo, de las que hablamos en los capítulos primero y segundo. Como recordará el lector, entonces vimos cómo las mismas neuronas premotoras disparaban cuando un macaco observaba a otros macacos manipulando un objeto, por ejemplo, manoseándolo, lanzándolo o sosteniéndolo, y cuando él mismo ejecutaba la acción. También se han descubierto neuronas espejo para la audición en monos: se ha comprobado que el sonido de una acción en la oscuridad, como, por ejemplo, el de desgarrar papel, activa en sus cerebros tanto estas neuronas espejo auditivas como las neuronas motoras correspondientes a la acción de desgarrar el papel.[61]

Ya hemos visto que, desde entonces, varios estudios han demostrado la existencia de un sistema similar de neuronas espejo en los seres humanos. Por ejemplo, se estudió un grupo de sujetos mediante un escáner de RMF, tanto mientras estaban meramente observando a alguien levantar un dedo, como mientras observaban y después copiaban el movimiento. Estaba activa la misma red cortical de la corteza premotora en ambas condiciones experimentales, la de sólo mirar y la de mirar y hacer el movimiento, pero lo estaba más en el segundo caso.[62] En los seres humanos, el sistema de neuronas espejo no está restringido a los movimientos manuales, sino que tiene áreas correspondientes a movimientos en todo el cuerpo. También se da una diferencia cuando hay un objeto implicado en la acción. Si el objetivo de la acción es un objeto, también está implicada otra área del cerebro (el lóbulo parietal). Se activará un área específica si la mano está usando un objeto, como al levantar una taza, y otra área distinta si la que está actuando sobre un objeto es la boca, por ejemplo, al aspirar por una pajita.[63] Debido al tipo de procedimientos experimentales, no es posible localizar neuronas espejo individuales en los seres humanos como sí lo es en los monos. Sin embargo, se han descubierto sistemas de neuronas espejo en varias áreas del cerebro humano.

Ahora bien, existe una diferencia específica entre las neuronas espejo en los monos y los sistemas de neuronas espejo que poseemos los seres humanos. Las neuronas espejo de los monos disparan sólo cuando hay una acción dirigida a un objetivo, por ejemplo, cuando ven una mano que coge un cucurucho de helado y lo lleva a la boca, que es lo que precisamente ocurrió al observar por primera vez neuronas espejo disparando (de hecho se trataba de un cucurucho de helado italiano). En los seres humanos, no obstante, el sistema de neuronas espejo dispara incluso cuando no hay objetivo alguno.[64] Basta ver una mano que se agita en el aire de manera casual para que el sistema se active. Esto podría explicar por qué, aunque los monos tengan neuronas espejo, sus capacidades de imitación son muy limitadas. El sistema de neuronas espejo de los monos está ajustado al objetivo, y no codifica todos los detalles de la acción que conduce a él.[65]

El lóbulo prefrontal también desempeña un papel importante en la imitación,[66] y los seres humanos, con su mayor corteza prefrontal, podrían aventajar a los monos por su capacidad de producir patrones motores más complejos. Podemos ver a alguien interpretar un acorde de guitarra y copiarlo movimiento a movimiento. Tomar lecciones de samba e imitar a nuestro instructor, que cruza la sala dando vueltas sobre sí mismo. Un mono sólo entendería que hay que cruzar la habitación, no que es preciso girar sobre uno mismo. El hecho de que los monos tengan un sistema menos complejo nos ayuda a comprender el desarrollo evolutivo del sistema de neuronas espejo. Giacomo Rizzolatti y Vittorio Gallese sugirieron que la función del sistema de neuronas espejo era comprender la acción (comprendo que alguien se lleva una taza a la boca). Esta comprensión de la acción está presente tanto en monos como en seres humanos. Sin embargo, en los segundos, el sistema de neuronas espejo es capaz de mucho más. ¿Son únicos los seres humanos porque, de entre todos los animales, sólo ellos pueden bailar la samba?

¿En qué están implicados todos los sistemas de neuronas espejo? Como hemos visto antes, están involucrados en acciones de copia inmediata. También se ha descubierto que están implicados en comprender por qué se está llevando a cabo la acción, su intención.[67] Comprendo que alguien se lleva una taza a la boca (comprensión del objetivo de la acción) para ver a qué sabe su contenido (comprensión de la intención que subyace a la acción). La misma acción se codifica de modo distinto si está asociada a intenciones distintas, lo cual permite predecir una probable acción futura no observada. En los monos, cuando cogen la comida para comerla, se activa un conjunto distinto de neuronas espejo del que se activa cuando se trata de ponerla en un recipiente. (Comprendo que alguien coge la comida para comérsela en vez de para poner-

la en un recipiente.) No sólo comprendes que alguien está cogiendo una barrita de chocolate: comprendes que va a comérsela, a guardársela en el bolsillo, a tirarla o, si tienes suerte, a dártela.

¿También sirven las neuronas espejo para comprender la emoción, o sólo para comprender acciones físicas? Los hallazgos que hemos examinado antes sobre los déficits paralelos en relación con sentir y reconocer la repugnancia y el dolor sugieren que existen sistemas de neuronas espejo situados en la ínsula que, al igual que ocurre con la comprensión de la acción, están implicados en la observación de la emoción y su comprensión a través de la respuesta visceromotora.[68] La teoría de que las neuronas espejo están implicadas en la observación y comprensión de la emoción (que contribuyen a las habilidades sociales) ha llevado a dos grupos distintos de investigadores* a sugerir que la causa de algunos de los síntomas del autismo podría ser un defecto en el sistema de neuronas espejo. Estos síntomas incluyen una carencia en habilidades sociales, falta de empatía, capacidad de imitación limitada y déficits en el lenguaje. Mientras Rizzolatti se valió de electrodos para estudiar las neuronas espejo en monos, los investigadores de San Diego han inventado una manera de observarlas en seres humanos sin usar electrodos.[69]

Uno de los componentes de los EEG, las ondas mu, se bloquea cuando una persona hace un movimiento muscular voluntario y también cuando alguien observa esa misma acción. El grupo de la Universidad de California, en San Diego, decidió comprobar si los EEG permitían inspeccionar la actividad de las neuronas espejo. Estudiaron a diez niños con un elevado grado de autismo funcional y descubrieron que, al igual que los niños normales, suprimían las ondas mu cuando ejecutaban una acción pero, a diferencia de los niños normales, *no* suprimían las ondas mu cuando *observaban* sin más una acción. Su sistema de neuronas espejo era deficiente.

En otro estudio,[70] realizado en la UCLA, se escaneó con RMF a dos grupos de niños, uno de niños normales y otro de niños con el diagnóstico de Trastornos del Espectro Autista (TEA), mientras observaban o imitaban expresiones faciales de emoción. Debido a que los individuos con TEA a menudo presentan déficits en la comprensión de los estados emocionales de otras personas, la predicción era que en el segundo grupo se observaría una disfunción en el sistema de neuronas espejo, tanto cuando los niños imitaban expresiones emocionales como cuando observaban manifestaciones de emoción en otros

* El grupo de Villayanur Ramachandran en la Universidad de California en San Diego y el grupo de Andrew Whiten en la Universidad de Saint Andrews, Escocia.

individuos. Esta predicción resultó ser correcta. Además, el grado de disminución de la actividad neural estaba correlacionado con la gravedad del déficit en habilidades sociales. Cuanto menor era la actividad neural, menos habilidad social tenía el niño.

Los dos grupos de niños usaban diferentes sistemas neurales cuando imitaban expresiones faciales. Los niños normales empleaban un mecanismo neural de reflejo, ubicado en el hemisferio derecho, que conecta con el sistema límbico a través de la ínsula. Sin embargo, este mecanismo de reflejo no se activaba en los niños con TEA, que adoptaban una estrategia distinta: aumentar su atención visual y motora, usando una vía que no pasa por el sistema límbico y la ínsula. Lo más probable es que no experimentaran internamente la emoción de la expresión facial imitada, regulada por la ínsula. Los investigadores sugieren que, debido a que tanto los adultos como los niños de desarrollo normal muestran un aumento en la actividad del sistema de neuronas espejo incluso cuando están tan sólo observando una expresión emocional, se trata de otra prueba de que el mecanismo de reflejo podría ser lo que subyace a la singular capacidad de leer los estados emocionales de otras personas a partir de sus expresiones faciales. La falta de actividad del sistema de neuronas espejo en niños con TEA corrobora con fuerza la teoría de que la causa principal de los déficits sociales observados en el autismo es una disfunción en el sistema de neuronas espejo. No obstante, los autistas también presentan déficits en muchas habilidades de atención no sociales, que al parecer no tienen ninguna relación con el sistema de neuronas espejo.

Actualmente se desconoce si otros animales, además de los primates, tienen sistemas de neuronas espejo, pero se está investigando. Sin embargo, como dijo Clint Eastwood, «un hombre debe conocer sus limitaciones».[71] Tenemos que comprender las limitaciones de las neuronas espejo: estas neuronas no generan acciones.

Hasta aquí hemos visto que hay emociones específicas asociadas a la actividad de partes específicas del cerebro, y que ciertos movimientos específicos de los músculos faciales y respuestas fisiológicas específicas se traducen en expresiones específicas. Cuando percibimos que otro individuo exhibe determinado tipo de humor o emoción lo imitamos automáticamente, tanto en el aspecto fisiológico y físico como, en cierta medida, en el psicológico. Si existe una determinada anomalía en la estructura cerebral que generalmente sustenta la respuesta, quedan afectadas tanto la capacidad de experimentar la emoción como la capacidad de reconocerla en otras personas. Tenemos un sistema de neuronas espejo que comprende las acciones y las intenciones de las acciones, y que también está implicado en el aprendizaje por imitación y el reconocimiento de

las emociones. Se trata del Reconocimiento de Emociones I, el reconocimiento de emociones elemental o básico. Al parecer, hemos elaborado un buen razonamiento a favor de la existencia de cierto tipo de simulación que tiene lugar entre una persona y la que está a su lado.

## ¿ALGO MÁS QUE SIMULACIÓN AUTOMÁTICA?

Aunque este análisis parece razonable, presenta un problema. Las personas que padecen el síndrome de Möbius (una parálisis facial congénita debida a la ausencia o a un desarrollo insuficiente de los nervios craneales que controlan los músculos de la cara) pueden identificar a la perfección las emociones en las expresiones faciales de los demás, a pesar de su incapacidad para imitar físicamente tales expresiones.[72] Esto quizá no sea un problema si nuestra comprensión de las emociones depende de las neuronas espejo, que pueden seguir disparando aunque el sistema motor no funcione.

Otro problema para esta explicación es el planteado por un estudio reciente realizado con individuos que sufren insensibilidad congénita al dolor, o analgesia congénita (CIPA). Pese a que no pueden sentir dolor, sí pueden, igual que los sujetos normales, reconocer y evaluar el dolor experimentado por otros a partir de sus expresiones faciales. No obstante, si ven videoclips de situaciones dolorosas en ausencia de conductas audibles o visibles de dolor, los pacientes de CIPA califican el dolor de menos intenso y experimentan menos respuestas emocionales aversivas en comparación con los sujetos normales de control.

Un interesante hallazgo adicional es que, en los pacientes de CIPA, se observa una elevada correlación entre las apreciaciones de dolor y las diferencias individuales en cuanto al grado de empatía emocional, correlación ausente en los sujetos normales. Los autores del estudio sugieren que no es necesario tener experiencia personal del dolor para percibir el de otros y sentir empatía hacia ellos, aunque en ausencia de pistas emocionales pueden infravalorar muchísimo ese dolor.[73] Sin embargo, en ambos casos, los pacientes de síndrome de Möbius y CIPA habían tenido déficits de larga duración. Su capacidad para reconocer las emociones de los demás podría haber sido objeto de aprendizaje consciente a lo largo de los años a través de una vía distinta de la de los sujetos normales. Los autores señalan que los padres de algunos de los pacientes de CIPA pueden recurrir a imitar expresiones faciales de dolor para hacer entender a sus hijos que un estímulo particular puede dañar su cuerpo.

Hemos visto que observar u oír a otros individuos que sufren dolor activa algunas de las áreas corticales que sabemos implicadas en el componente emo-

cional de la propia experiencia de sentir dolor, como la corteza cingulada anterior y la ínsula anterior. En contraste con el mecanismo neural para sentir realmente dolor, el mecanismo para imitar el aspecto emocional del dolor de los demás podría estar indemne en los pacientes de CIPA. Es por ello por lo que son capaces de detectar el padecimiento de los demás gracias a pistas emocionales como las expresiones faciales de dolor. Al final de este estudio, un tercio de los pacientes afirmaron que les había resultado difícil evaluar el dolor experimentado por individuos que sufrían heridas sin ver su cara ni oír sus quejidos. Sería interesante someter a estos pacientes a un escáner cerebral mientras realizan estas tareas de reconocimiento de emociones, para ver qué áreas neurales están usando, así como medir sus tiempos de respuesta y compararlos con los de los sujetos normales. ¿Se trata de una vía consciente más lenta, o de una vía automática más rápida?

Otro hallazgo que indica que lo que está ocurriendo es algo más que simulación automática proviene de un estudio realizado por Ursula Hess y Silvie Blairy en la Universidad de Colorado. Hess y Blairy descubrieron que la imitación no guardaba correlación con la exactitud en el reconocimiento de las emociones faciales.[74] En este estudio, se emplearon expresiones faciales que no eran exageradas sino lo más semejantes posible a las que uno experimenta normalmente. Así que, aunque hubo imitación facial, no estaba correlacionada con el diagnóstico preciso de la emoción experimentada por la persona observada. Otros estudios han demostrado que las personas no imitan las caras de sus competidores[75] o de los políticos con los que no están de acuerdo.[76] ¿Se debe esto a la acción de cierta capacidad inhibitoria? Parece que sí; de lo contrario, al visitar la sala de maternidad nos pondríamos a llorar junto a todos los recién nacidos. ¿Hay algún mecanismo cognitivo implicado?

## Pienso, luego puedo pensarlo mejor

De hecho, sí podemos cambiar nuestras emociones y el modo en que nos sentimos en función de nuestra manera de pensar. Una manera de conseguirlo es mediante una reevaluación. Es lo que le ocurrió a Modeste Mignon, el ejemplo de ficción que citamos en el último capítulo. «En el amor, lo que una mujer confunde con repugnancia no es más que ver las cosas simplemente con claridad». Tras una reevaluación del carácter de su enamorado, Modeste pasa del amor a la repugnancia.[77] Un coche invade tu carril y se esfuma a toda velocidad calle abajo. Te pones furioso. Cuando tu presión sanguínea empieza a subir, recuerdas de pronto que tú hiciste lo mismo en un espantoso viaje a ur-

gencias. A tu lado iba tu hijo, sollozando de dolor y con el hombro dislocado colgando de su costado. Tu cólera se disipa en un segundo, tu presión sanguínea cae en picado y lo que ahora sientes es comprensión, al darte cuenta de que el hospital queda bastante cerca, bajando por esa misma calle.

La reevaluación consciente de una emoción ha sido el objeto de investigación de un estudio de neuroimágenes cerebrales, en el que a los sujetos se les presentaron fotos de situaciones emocionales negativas pero, de algún modo, ambiguas, por ejemplo, la de una mujer llorando frente a una iglesia. Mientras se les escaneaba, se pedía a los sujetos que reevaluaran la situación de una manera más positiva. La idea era que la reevaluación dirige la atención a la emoción que uno está sintiendo, y requiere una valoración cognitiva voluntaria. Tras una reevaluación, por ejemplo, la de imaginar que la mujer está llorando de alegría tras una boda en vez de la impresión inicial de que se trata de un funeral, los participantes aseguraron quedar afectados de forma menos negativa. Los resultados del escáner mostraron que, durante la reevaluación, hubo una reducción de la actividad en regiones esenciales para la memoria, el control cognitivo y la autorregulación.[78] La reevaluación puede modular la emoción y la simulación. Otro hallazgo interesante es que en la reevaluación el hemisferio izquierdo estaba más activo. Los autores planteaban la hipótesis de que esto se debía a que los participantes afirmaban haberse «convencido» a sí mismos de la necesidad de utilizar estrategias reevaluadoras, y, como es sabido, el centro del habla se halla en el hemisferio izquierdo. Otra explicación posible es que el hemisferio izquierdo está asociado con la evaluación de emociones positivas en general.[79] Las personas que exhiben una mayor actividad de reposo* en el hemisferio izquierdo tienen más resistencia a la depresión, quizá debido a su capacidad para reducir cognitivamente su procesamiento de emociones negativas.

## Supresión

Otro modo de influir en la simulación es por medio de la supresión, esto es, el acto voluntario de no mostrar ningún signo de emoción. Pese a lo difícil que puede resultar, los padres la practican a menudo, por ejemplo, cuando no se ríen ante un comportamiento divertido pero socialmente inapropiado por par-

* Es decir, aquellas personas cuyo cerebro muestra mayor actividad neuronal cuando aparentemente no están realizando ninguna tarea ni reciben estimulación. *(N. del t.)*

te de su hijo (como el de quitarse los pañales sucios en la piscina). En su revisión de las investigaciones sobre regulación emocional,[80] James Gross, de la Universidad de Stanford, explica que la supresión requiere mantener un control constante sobre las expresiones propias (la sonrisa podría brotar de nuevo) y corregirlas (si efectivamente aparecen). Esto requiere usar nuestros circuitos neurales conscientes, que como hemos visto son limitados, e implica desviar nuestra atención consciente de la interacción social, lo cual disminuye nuestra capacidad para procesar la interacción y puede afectar a nuestro recuerdo de ella. Es un caso distinto de cuando reevaluamos una situación y dejamos de sentir realmente la emoción; entonces no hace falta controlarse para estar seguro de que ya no se manifiesta. (En realidad, quitarse los pañales sucios en la piscina no es divertido, es repulsivo. Ya no hay ninguna posibilidad de que la sonrisa asome de nuevo.)

La supresión y la reevaluación tienen consecuencias emocionales, fisiológicas y conductuales muy diferentes. La supresión no disminuye la experiencia emocional de conducta negativa; sigues teniendo la emoción, es sólo que no la expresas. Cuando un coche invade tu carril, puede que no grites al conductor ni embistas su parachoques, pero sigues estando furioso. Esto es distinto de la reevaluación, cuando te das cuenta de que tal vez el otro debe dirigirse al hospital por una urgencia y dejas de sentir la emoción de cólera. Sin embargo, la supresión puede disminuir la experiencia emocional de conducta positiva. Genial, es lo que cabía esperar. Tratas de suprimir las malas emociones y no sólo no te libras de ellas, sino que tampoco sientes las buenas. Y la supresión tampoco cambia las respuestas fisiológicas. Sigues teniendo todo ese aumento de actividad cardiovascular. Puede que ocultes tu cólera, tu repugnancia o tu miedo, pero sigues haciendo trabajar más de la cuenta a tu corazón y consumiendo sus recursos antes de tiempo. Sin embargo, la reevaluación puede cambiar la respuesta fisiológica; puede reducir el estrés de una situación estresante. Si eres capaz cambiar tu actitud ante un estímulo negativo para que deje de ser negativo, ya no estarás agotando innecesariamente el crédito de tu cuenta corriente cardiovascular.

¿Cómo afecta esto a la simulación? La interesante consecuencia de suprimir las expresiones emocionales es que así se ocultan señales importantes, que de otro modo estarían disponibles para la otra persona en una situación social. La otra persona se encontrará hablando con un rostro de piedra, no tendrá ninguna pista de cómo se siente y por tanto no podrá responder apropiadamente. Y Dios sabe que él no va a responderle a ella. Ella acaba de contarle su mejor chiste, y él la está mirando como si nunca hubiese finalizado la educación primaria. Ella se dice a sí misma que debe ponerle en su lista de gente a la que «no debe

invitar», para ahorrar a sus amigos una interacción social tan aburrida. ¿Y qué pasa con el amigo cara de piedra? Sus interacciones sociales serán limitadas, porque sin duda ella no es la única que tratará de evitarle en el futuro.

En su estudio de la supresión, el equipo de investigadores de James Gross realizó la siguiente predicción: puesto que al suprimir una emoción es preciso controlarse uno mismo, para asegurarse de que la expresión no se hace visible ni se vocaliza, uno se distrae de la tarea de responder a las pistas emocionales de la otra persona. Y esto puede tener consecuencias sociales negativas. Si una persona se concentra en sí misma, hay menos atención consciente disponible para dirigirla a otra persona. El chico que intenta actuar como un machote todo el tiempo tiene que suprimir cualesquiera expresiones de ternura que acaso traten de manifestarse. Tiene menos capacidad cerebral disponible para prestar atención a alguien que está interaccionando con él. Gross y sus colegas también consideraron que la reevaluación, al agotar menos recursos cognitivos, debería tener consecuencias sociales más positivas.

Intentaron comprobar esta teoría pidiendo a parejas de mujeres que no se conocían entre sí que vieran una película turbadora y luego hablaran sobre ella. A una de las integrantes de cada pareja le dijeron que hiciera una de las tres cosas siguientes: debía suprimir sus reacciones (como lo haría un machote: «Soy un tipo duro, estas películas sangrientas no me hacen el menor efecto»), reevaluarlas («Estas escenas son horrorosas, pero es sólo una película y esto no es más que salsa de tomate»), o bien interaccionar con naturalidad con su interlocutora durante la conversación. Por su parte, la otra mujer ignoraba que su pareja había recibido tales instrucciones. Durante la conversación se midieron las respuestas fisiológicas de ambas.

Las expresiones positivas de emoción («¡Es fantástico! ¡Me alegro tanto por ti!») y la capacidad de responder emocionalmente («¡Uf, debió de volverte loco! ¡Yo habría estallado!») son elementos clave del apoyo social, que reduce el estrés.[81] Los investigadores supusieron que, en ausencia de este apoyo social, debería haber una gran diferencia en las respuestas fisiológicas a las conversaciones entre el grupo de mujeres que no habían sido informadas. Se comprobó que esa suposición era cierta. Las parejas de las mujeres que habían recibido instrucciones para suprimir sus emociones tuvieron mayores aumentos de presión sanguínea que las mujeres cuyas interlocutoras actuaron con naturalidad o bien habían reevaluado la película.[82] La interacción social con personas que expresan pocas emociones positivas y no responden a pistas emocionales aumenta la actividad cardiovascular.[80] Por lo tanto, cuando andas con alguien que suprime sus expresiones emocionales no es sólo su presión sanguínea la que aumenta, también lo hace la tuya.

Ahora las cosas se complican un poco más. Parece que hemos dejado atrás el mundo del contagio emocional, en el que la simulación es una respuesta automática refleja a expresiones faciales u otros estímulos emocionales, y accedido a un mundo en el que el cerebro consciente desempeña un papel. Aquí somos capaces de usar la memoria, el conocimiento que hemos adquirido de experiencias pasadas y lo que sabemos de la otra persona como parte de la información de partida. Esto nos lleva a una nueva capacidad de simulación, una capacidad que probablemente es única. Podemos simular una emoción partiendo únicamente de información abstracta.

## IMAGINACIÓN

Si te envío un correo electrónico contándote que me corté parte del dedo con una sierra de mesa, puedes imaginarte lo que sentí sin ver mi cara ni oír mi voz. Las meras palabras en la pantalla te bastan para simular mi emoción. Quizá te estremezcas al leer la descripción del accidente, quizá sientas ese escalofrío en la espalda. También puede que, al leer una novela con personajes ficticios, te sientas emocionalmente implicado en la trama. Algunas de las escenas de una novela de Tom Wolfe son ejemplos perfectos de ello. La escena de la casa de hielo en *Todo un hombre* me provocó tanta angustia, que tuve que dejar de leer durante quince minutos. Imaginar una situación puede estimularnos a simular una emoción.[83] El mero hecho de observar las expresiones faciales y la postura de las personas mientras leen un libro puede resultar en sí mismo entretenido. Es posible deducir el miedo, la cólera o el placer. Sherlock Holmes era un maestro en ello, al observar a Watson leer el periódico. De hecho, las palabras asociadas al dolor producen una activación en áreas cerebrales involucradas en el componente subjetivo del dolor.[84] La imaginación también interviene en acciones físicas. Se activaba la misma parte del cerebro* de ciertos pianistas tanto si tocaban en un teclado silencioso como si se limitaban a imaginar que tocaban esa misma música.[85]

La imaginación nos permite ir más allá de los datos que tenemos a mano. Cuando la atleta olímpica cayó y se fracturó el tobillo, sólo vimos la expresión facial de dolor, pero nuestra imaginación nos proporcionó todos los años de duro trabajo y sacrificio en vano, los sueños truncados, la turbación, el sentimiento de culpa por perjudicar al equipo, la certeza de que la lesión podía

* El circuito frontal parietal.

afectar a su rendimiento futuro, y así pudimos sentir una gran empatía hacia ella. Cuando vemos que quien se fractura el tobillo es un atracador también vemos la expresión facial de dolor, pero nos imaginamos a la persona a la que atacó yaciendo herida y asustada en la calle, nos ponemos furiosos y ya no sentimos empatía hacia su dolor, sino satisfacción ante el hecho de que el granuja reciba su merecido.

Lo que nos permite reevaluar una situación es la imaginación. La información auditiva tal vez nos diga que hay una mujer riéndose al fondo del pasillo, pero la imaginación puede situarla en una entrevista de trabajo con aquel imbécil de la oficina de al lado, y entonces sabemos que está fingiendo. No se ríe porque está contenta. La imaginación también nos permite viajar a través del tiempo. Podemos proyectarnos hacia el futuro y retroceder al pasado. Un acontecimiento tal vez tuvo lugar hace mucho tiempo, pero yo puedo reproducir su recuerdo en mi imaginación. Puedo simular la experiencia de mi yo anterior y experimentar de nuevo el recuerdo. Puedo incluso reevaluar aquella emoción desde mi perspectiva actual. Recordar la vergüenza que sentí cuando saqué un cero en un examen y sentirla de nuevo hasta el punto de enrojecer, y luego pensar con satisfacción que eso me motivó a estudiar más y terminé sacando un sobresaliente. Puedo recordar cómo me sentía al conducir un Fiat en una rotonda en Roma justo antes del mediodía, en medio de un gran atasco, con los cláxones atronando a mi alrededor; mi ansiedad y mi ritmo cardíaco aumentan, y tomo la decisión de no alquilar nunca más un coche allí. Puedo recordar cómo me sentía paladeando un Campari, sentado en la soleada Piazza Navona con mi maravillosa mujer, y decidir visitarla de nuevo, pero esta vez en taxi.

Del mismo modo, también puedo proyectarme hacia el futuro. Soy capaz de usar mi experiencia de una emoción y aplicarla a circunstancias futuras. Me imagino cómo me sentiría, por ejemplo, de pie enfrente de la portezuela abierta de un avión, con un paracaídas en la espalda (sentiría terror, algo que ya he sentido en el pasado y que no me gustó) y decido no emprender esta aventura. Podemos observar la actividad neural asociada a sentir una emoción mientras imaginamos que experimentaremos esa emoción en el futuro. Elizabeth Phelps, neurocientífica de la Universidad de Nueva York, realizó un estudio de neuroimágenes cerebrales en el que dijo a los voluntarios del experimento que verían una serie de formas y que, cada vez que viesen un cuadrado azul, recibirían una leve descarga eléctrica. Aunque en ningún momento recibieron descarga alguna, cada vez que se les presentaba un cuadrado azul, se les activaba la amígdala.[86] El mero hecho de imaginarse la descarga provocaba la activación del circuito. Después de mirar una película de miedo, oyes un crujido en tu

casa en mitad de la noche e imaginas la presencia de un intruso. Aumenta tu ritmo cardíaco, la sangre empieza a bombear en tus oídos, y tienes una reacción de miedo en toda regla. Janet Leigh dijo que, tras su participación en la película *Psicosis,* tuvo problemas para tomar una ducha durante el resto de su vida. Su imaginación continuaba trabajando.

¿Hay otros animales que puedan viajar a través del tiempo? ¡Un poco de paciencia! Hablaremos de esto en el capítulo 8.

La imaginación es un proceso deliberado. Requiere de una simulación que, en determinadas circunstancias, va más allá de lo automático y emplea un componente consciente. Nos permite planificar cómo vamos a actuar en el futuro y prever cómo lo harán los demás. Nos ahorra un montón de sangre, sudor y lágrimas. No tengo por qué subir al avión para decidir que no voy a saltar; puedo imaginármelo en mi sala de estar. También puedo imaginarme que mi hija tampoco querrá un vale de regalo para un salto en paracaídas, pero mi hermano sí, sólo que él también querrá pilotar el avión. La imaginación nos permite simular nuestras emociones pasadas y aprender de esas experiencias, e imaginar cómo otros podrían sentirse o actuar en la misma situación. Esta capacidad es crucial para el aprendizaje social. Cuando la usamos, sin embargo, estamos usando también otra de las muchas capacidades que damos por supuestas: la capacidad de distinguir entre nosotros mismos y los demás.

## AUTOCONCIENCIA

Al observar las acciones y las emociones de los demás, se activan las mismas áreas neurales en nuestro cerebro, y sin embargo somos capaces de distinguir entre «yo» y «tú». ¿Cómo es eso posible? Si se activan las mismas áreas cuando veo que tú sientes repugnancia y cuando yo siento repugnancia, ¿cómo puedo distinguir si quien la siente eres tú o soy yo? Me imagino tu peluquín deslizándose hacia abajo mientras estás dando una importante conferencia televisada; puedo simular tu turbación y sentirla yo mismo, pero sabiendo que eres tú, y no yo, a quien estoy imaginando que le sucede. Parece que debe haber circuitos neurales específicos para distinguir entre el yo y los demás. En efecto, el cerebro tiene mecanismos para distinguir el yo físico, tanto el de otra persona como el yo psicológico.

Los estudios sobre la adopción de perspectiva, la capacidad de imaginarse uno mismo en el lugar de otra persona, han conseguido distinguir con éxito las redes neurales del yo y las de los demás. La adopción de perspectiva surge en los niños humanos alrededor de los 18 meses, aunque no con el mismo al-

cance que en un adulto. A partir de esa edad, un niño es capaz de ofrecerte el tipo de comida que te gusta (tal vez brócoli) y que le indicas con una sonrisa y no la que le gusta a él (una galleta), tras observar que reaccionas ante ella con cara de repugnancia.[87] Sin embargo, no somos necesariamente hábiles a la hora de adoptar la perspectiva del otro, ni lo hacemos siempre. Yo podría considerar que tu elección de brócoli es demasiado rara e ignorar lo que me dice tu expresión facial en favor de mi preferencia, mucho más sensata, y darte así la galleta de todos modos. Un ejemplo evidente es el de todas esas felicitaciones de Navidad realmente horrorosas que recibimos cada año. El pensamiento «¿Cómo es posible que alguien en su sano juicio piense que me pueda gustar algo así?» pasa por miles de cerebros la mañana de Navidad, tras una sonrisa forzada (conscientemente simulada). Al menos ahora sabemos que, para desenmascarar a los farsantes, basta fijarse en sus cejas y ver si sus extremos laterales apuntan hacia abajo.

Las personas tienden a pensar que los demás saben y creen lo que ellas mismas creen y saben,[88] y tienden también a sobrestimar el conocimiento de los demás.[89] Esto es, con toda probabilidad, lo que ocurre cuando empiezas a hablar sobre tu teoría de la recursión en lingüística a personas normales y ponen esa cara de no entender nada. Diste por supuesto que estarían interesadas. Parece que nuestra actitud por defecto con respecto a los demás está sesgada a favor de nuestra propia perspectiva. Ésta es la razón de que sea tan difícil hablar con individuos que son especialistas en campos de los que tú no tienes ni idea. Dan por sentado que sabes gran parte de lo que saben ellos. «Por cierto, pon en marcha este fondo de inversión alternativa por mí, ¿de acuerdo?» Si te preguntan cómo se sentiría otro en una situación en la que están implicadas necesidades corporales como tener hambre, fatiga o sed, tu predicción se basará en gran medida en cómo te sentirías tú mismo. Doy por sentado que cuando los demás tienen hambre, sienten lo mismo que yo: esas punzadas y esos retortijones en el estómago. Pero, al parecer, esto no es así. Lo descubrí en una conversación con unos cuantos amigos: algunos sentían inquietud, otros dolor de cabeza, unos se ponían de mal humor y otros no sentían en sus tripas nada en absoluto.

Esta percepción egocéntrica puede inducirnos a cometer otros errores en la evaluación de situaciones sociales, aparte de sacar el tema de la recursión en una fiesta. «A estas alturas debería haberme llamado, yo lo hubiese hecho. Seguramente no le importo un comino.» Pero como señalan los psicólogos Jean Decety, de la Universidad de Chicago, y Philip Jackson, de la Universidad de Washington, esto concuerda con la teoría de la simulación, según la cual entendemos y predecimos la conducta y los estados mentales de los demás em-

pleando nuestros propios recursos mentales. Al imaginar que estamos en su misma situación, contamos con nuestro propio conocimiento como punto de partida por defecto a la hora de entender a los demás.[26] Sin embargo, para tener éxito social, debemos ser capaces de distinguirnos de ellos. (No me ha llamado porque olvidó su teléfono móvil, está de viaje de negocios en China, la diferencia horaria es de locos y está exhausto.) Decety y sus colegas destacan que, para saltar de una perspectiva a otra, es preciso tener flexibilidad mental: para adoptar la perspectiva del otro debemos ser capaces de inhibir la nuestra. La regulación (o inhibición) de nuestra propia perspectiva es lo que nos procura la flexibilidad necesaria para adoptar la perspectiva del otro. Se ha señalado que, al evaluar la perspectiva de los demás, los errores se deben a la incapacidad de suprimir la propia perspectiva,[90] como cuando tu marido te regaló una barbacoa por tu cumpleaños en vez de una pieza de joyería fina, y tú le regalaste esa preciosa camisa azul de vestir en vez del modelo XVR800 del superalucinante filtro PKJ para el equipo de sonido del coche. Esta capacidad para regular nuestra perspectiva se desarrolla gradualmente en los niños y no se manifiesta plenamente hasta los 4 años. El control cognitivo que implica se ha relacionado con el desarrollo de la teoría de la mente, que surge alrededor de la misma edad, y también con la maduración de la corteza prefrontal. Entonces, ¿qué ocurre en el cerebro cuando pasamos de nuestra propia perspectiva a la de otra persona?

Una manera de averiguarlo es observar qué áreas se activan al adoptar uno la propia perspectiva, y qué áreas se activan al asumir la de otra persona. Si quitamos cualesquiera áreas que se activan comúnmente, las restantes que se activan en cada situación son las que corresponden exclusivamente a esa perspectiva. Perrine Ruby y Decety realizaron una serie de estudios de neuroimágenes neurales mientras sus sujetos adoptaban su propia perspectiva o la de otra persona, en tareas pertenecientes al ámbito motor (imaginar que se usa una pala o una maquinilla de afeitar), al ámbito conceptual (estudiantes de medicina debían imaginar qué diría un profano acerca de varias frases, tales como «Las noches de luna llena hay más nacimientos», en contraste con lo que dirían ellos) y al ámbito emocional (imaginar que o bien tú mismo, o bien tu madre está hablando de alguien y de repente adviertes que esa persona está justo detrás de ti).[91,92,93] Y descubrieron que, aparte de la red neural que comparten el yo y los demás, cuando uno asume la perspectiva de otra persona se produce una activación significativa en la corteza parietal inferior derecha y la corteza prefrontal ventromedial, incluidas la corteza frontopolar y la circunvolución recta. En otros estudios se han obtenido resultados semejantes. La corteza somatosensorial se activa sólo cuando uno adopta la propia perspectiva.

La unión de la corteza parietal inferior derecha con la corteza temporal posterior desempeña un papel crucial en la distinción entre las acciones de uno y las de los demás. Denominada «unión temporoparietal», es un lugar muy concurrido, en el que se integran aferencias de muchas partes distintas del cerebro, incluyendo el tálamo lateral y posterior; las áreas visuales, auditivas, somestésicas y límbicas; y conexiones recíprocas con la corteza prefrontal y los lóbulos temporales. Varios estudios distintos aportan datos que apuntan en su conjunto al hecho de que, efectivamente, esta área participa en la distinción entre el yo y lo demás. Los estudios sobre el fenómeno de la experiencia extracorporal (OBE, por sus siglas en inglés), una perspectiva de tercera persona sobre uno mismo, han resultado especialmente fructíferos.

Un caso interesante es el de una mujer que estaba siendo evaluada para un tratamiento de epilepsia en el Hospital Universitario de Ginebra. Sus médicos intentaban localizar el foco de sus ataques con neuroimágenes cerebrales, pero no lo conseguían. El siguiente paso era realizar una intervención quirúrgica, pero antes necesitaban ubicar el foco. Entonces le implantaron electrodos subdurales con anestesia local (el cerebro no siente ningún dolor) para registrar los ataques, y se empleó estimulación eléctrica para identificar el lugar de los ataques en la corteza. La estimulación eléctrica focal de la circunvolución angular derecha del cerebro (situada en el lóbulo parietal) provocó en la paciente repetidas experiencias extracorporales. Bajo estimulación de una área particular, la paciente explicó que se veía a sí misma «en la cama, desde arriba, pero sólo puedo ver mis piernas y la parte inferior del tronco».[94]

Desde entonces, Olaf Blanke y Shahar Arzy[95] han revisado todos estos fenómenos, recopilando datos procedentes de estudios de neurología, neurociencia cognitiva y neuroimágenes cerebrales. Blanke y Arzy sugieren que las OBE están relacionadas con la incapacidad de integrar información multisensorial del propio cuerpo en la unión temporoparietal. Su hipótesis es que este fallo en dicha unión provoca una fragmentación de lo que el yo experimenta y piensa, lo que origina ilusiones de reduplicación, autolocalización, perspectiva y agentividad, que son experimentadas en forma de una OBE. Otra área concreta dentro de la unión temporoparietal está implicada específicamente en el razonamiento sobre los contenidos de la mente de otra persona,[96] capacidad que requiere distinguir entre el yo y los demás.

La otra parte del cerebro que está activa cuando adoptamos la perspectiva de otra persona es la corteza prefrontal ventral, también denominada «corteza frontal polar (o frontopolar)». Una lesión de esta región en la infancia puede provocar daños en la capacidad de adopción de perspectiva.[97] Esta área se considera la fuente de la inhibición que nos permite trasladarnos desde la propia

perspectiva a la de otra persona. El grupo de Damasio sometió a cuestionarios sobre moral a adultos que en su infancia habían sufrido lesiones en esta área. Sus respuestas eran excesivamente egocéntricas, al igual que su conducta. Exhibían una falta de inhibición de la propia perspectiva y no adoptaban la perspectiva del otro. Las personas que sufren este tipo de lesiones en su vida adulta (por ejemplo, Phineas Gage) pueden compensarlas mejor. Esto sugiere que los sistemas neurales que habían sufrido daños en una edad temprana eran cruciales para la adquisición de conocimiento social.[98]

Ciertos estudios posteriores han puesto de manifiesto que la corteza somatosensorial, la parte del cerebro que incluye áreas específicas que están correlacionadas con la sensación en partes específicas del cuerpo, se activa cuando se simula una situación desde la perspectiva de uno mismo. Se pidió a diversos individuos que contemplaran imágenes de manos y pies en posiciones dolorosas y neutras y que imaginaran el dolor tanto desde la propia perspectiva como desde la de otra persona. Ambas perspectivas activaron áreas emocionales y afectivas, pero la corteza somatosensorial se activó sólo en los sujetos que habían adoptado una perspectiva personal. También evaluaron el dolor con índices más elevados, sus tiempos de respuesta fueron menores, y sus circuitos de dolor se activaron en mayor medida.*[99] La hipótesis de Ruby y Decety es que la activación de la corteza somatosensorial en conexión con la adopción de la perspectiva personal contribuye a separar ambas perspectivas: «Si lo estoy sintiendo, entonces es que soy yo (siento, luego existo), no puede ser otro».[93]

Curiosamente, las regiones que se activaron durante la adopción de la perspectiva de tercera persona eran las mismas que se activan en varias tareas relacionadas con la teoría de la mente.** Si adoptamos conscientemente la perspectiva de la otra persona y suponemos que es como nosotros, entonces simular cómo nos sentiríamos en su situación nos llevará con toda probabilidad a valorar su estado con precisión. Sin embargo, si adoptamos la perspectiva de alguien muy distinto a nosotros, simular nuestro propio estado será menos eficaz. ¿Recurre nuestro cerebro a sustratos distintos cuando suponemos que el otro es como nosotros y cuando creemos que es diferente? Un estudio reciente lo ha demostrado.[100] Cuando adoptamos la perspectiva de una persona similar,

* En particular se activó la corteza somatosensorial, la corteza cingulada anterior y la ínsula bilateral. Entre los sujetos que adoptaron la perspectiva de otra persona, hubo un aumento de la activación del cingulado posterior, la unión temporoparietal derecha y la ínsula derecha, pero no se activó la corteza somatosensorial.

** La corteza prefrontal medial, la unión temporoparietal izquierda y el polo temporal izquierdo.

se activa una región de la corteza prefrontal ventral medial (CPFm) vinculada con el pensamiento autorreferencial, mientras que ponerse mentalmente en el lugar de alguien diferente activa una subregión más dorsal de la CPFm.

El solapamiento de activaciones neurales relativas a juicios sobre el yo y sobre otros similares nos lleva de nuevo a la teoría de la simulación de la cognición social, según la cual usamos el conocimiento que tenemos de nosotros mismos para inferir los estados mentales de los demás. El uso de un sustrato distinto para pensar en personas diferentes tiene consecuencias interesantes, sobre todo con respecto a cómo pensamos en individuos pertenecientes a nuestro endogrupo y en miembros de exogrupos. Cuando pensamos en personas de nuestro propio grupo, suponemos que son como nosotros y predecimos su conducta simulando lo que haríamos o sentiríamos en la misma situación. Esto explicaría el hallazgo de Sam y Pearl Oliner de que la motivación del 52 % de los salvadores de judíos durante el Holocausto obedecía a «expresar y reforzar sus afiliaciones con respecto a sus grupos sociales de referencia». Sin embargo, cuando pensamos en una persona perteneciente a un exogrupo, puede tener lugar un proceso de simulación distinto. Según ciertos estudios sociológicos, las personas creen que los que son distintos a ellas no sienten las mismas emociones ni las sienten con la misma intensidad,[101] y proyectan sus propios fines y preferencias en personas parecidas, y en menor grado en personas distintas.[102] Esto tal vez explique la deshumanización que puede tener lugar, por ejemplo, entre los reclusos y los guardas de una cárcel, entre países vecinos y entre grupos religiosos. Aunque esta distinción entre grupos acaso sea el origen de tratos inhumanos, también puede ser útil si comprendemos cómo funciona el cerebro. La gente es distinta. No todo el mundo es como tú. Suponer que lo es puede causar problemas. Los libros de divulgación sobre psicología que tratan las diferencias entre los sexos, como por ejemplo *Los hombres son de Marte y las mujeres de Venus*, sitúan a hombres y mujeres en grupos distintos. De hecho, esto puede ser útil para la ansiosa mujer que está esperando la llamada de él. Tal vez si se diese cuenta de que las conductas de los hombres y las mujeres difieren en ciertos aspectos, no intentaría predecir la conducta de él desde su propia perspectiva.

## ¿Puede un animal adoptar la perspectiva de otro?

La adopción de perspectiva, ¿es una facultad exclusivamente humana? ¿Somos los únicos animales que pueden dar un paso atrás y ver el mundo a través de los ojos de otro individuo? Semejante capacidad requiere tener autocon-

ciencia, de la que vamos a hablar más adelante, en el capítulo 8, en relación con los otros animales. Esta cuestión ha sido objeto de gran controversia, pero un nuevo modo de estudiarla (una nueva perspectiva) indica que los primates exhiben esta capacidad en ciertas situaciones. Brian Hare y sus colegas del Instituto Max Planck de Leipzig han demostrado que los chimpancés pueden asumir la perspectiva *visual* de otro individuo cuando están compitiendo por comida.*[103] Tal vez los estudios previos en busca de capacidades de teoría de la mente en primates mediante tareas de cooperación buscaban en la dirección equivocada. Como ya hemos visto, los chimpancés ejecutan con mayor habilidad las tareas cognitivas *competitivas*. Los investigadores se aprovecharon de esta característica y enfrentaron a los chimpancés con un ser humano (llamémosle Sam), que colocaba preciadas piezas de comida fuera del alcance de los animales cuando éstos intentaban cogerlas. Los chimpancés podían o bien llegar a la comida que estaba junto a Sam a través de una barrera opaca, o bien a través de una pantalla transparente, y acercarse desde la dirección en la que éste estaba mirando o desde la dirección opuesta. Los chimpancés evitaban espontáneamente la comida que Sam estaba mirando, algo que podían ver siguiendo la dirección de su mirada. En lugar de ello, se acercaban a la comida que él no estaba mirando, incluso cuando casi todo el cuerpo de Sam estaba orientado hacia la comida y ésta quedaba a su alcance. Los animales también preferían acercarse a la comida a través de la barrera opaca y evitaban la aproximación a través de pantallas transparentes. Al alejarse los chimpancés inicialmente de la comida, si Sam podía verles, siempre usaban una ruta indirecta antes de acercarse por detrás a la barrera opaca. Sin embargo, cuando la barrera impedía que Sam les viese alejarse de la comida, o si no había ningún camino de regreso a la comida que estuviese oculto, los chimpancés no recurrían a rutas indirectas para alejarse. Los investigadores señalan que esta conducta de aproximación indirecta es sorprendente, porque sugiere la posibilidad de que los sujetos no sólo comprendían que era importante permanecer ocultos a la vista de su competidor al acercarse a la comida en disputa, sino que además también comprendían que en algunos casos era útil disimular su intento de ocultarse.

Los chimpancés fueron capaces de adoptar la perspectiva visual de otro individuo, de comprender lo que el otro podía ver y manipular activamente la situación en un entorno competitivo. Este estudio también proporciona pruebas bastante sólidas de que los chimpancés poseen la capacidad de engaño in-

* Véanse los vídeos en <http://email.eva.mpg.de/~hare/video.htm>.

tencional, por lo menos en situaciones de competencia por comida. El engaño intencional consiste en manipular lo que otro individuo cree que ocurre. Sin embargo, como hemos visto en un capítulo anterior, los chimpancés son incapaces de resolver la tarea de falsas creencias, que los niños humanos pueden realizar a la edad de 4 años. Comprender lo que los otros ven no es lo mismo que ser capaz de entender o manipular su estado psicológico, pero estos hallazgos dan origen inevitablemente a más cuestiones. Elevan las expectativas sobre las capacidades de los chimpancés en relación con la teoría de la mente. Hare sugiere que es preciso determinar también si los chimpancés entienden lo que los otros oyen. Cuando evitan hacer sonidos estridentes, una conducta observada en chimpancés en libertad,[104, 105, 106] ¿lo hacen para manipular intencionadamente la situación? ¿Y son capaces de emitir gritos falsos para engañar a otros intencionadamente? No está claro que los chimpancés puedan adoptar la perspectiva psicológica de otro individuo, pero existen indicios de que hasta cierto punto sí pueden. La investigación de Lisa Parr según la cual los chimpancés pueden hacer corresponder una emoción vista en una escena de un vídeo, por ejemplo, de un chimpancé recibiendo una inyección, con una fotografía de la expresión facial de la emoción correspondiente indica una conciencia emocional que podría ser una precursora de nuestra capacidad psicológica, más evolucionada, para adoptar la perspectiva de los demás.[107]

Después de que se obtuviesen estos resultados, otro grupo de investigadores decidieron usar la situación de tareas competitivas para comprobar si los monos resus eran capaces de entender que ver conduce a saber. Hasta entonces, todas las pruebas de laboratorio sobre tareas de teoría de la mente en monos se habían saldado con resultados negativos. Estos investigadores también diseñaron una situación en la que los monos competían por comida con un experimentador. Primero querían comprobar si los monos tenían en cuenta la dirección de la mirada del experimentador cuando intentaban robarle comida. Y verificaron que así era (los monos robaban la comida del experimentador cuando estaba de espaldas a ella o con la cabeza mirando hacia otro lado). Con aún mayor discernimiento, robaron comida de un experimentador que había apartado los ojos de ella pero sin girar la cabeza, o de un experimentador con los ojos tapados pero con la boca sin tapar.[108]

Entonces se preguntaron si un mono comprendería que, si un experimentador no ha visto dónde está la comida, no sabrá dónde está. En este experimento se usaban dos plataformas, cada una de ellas con un racimo de uvas encima. El mono veía ambos racimos. El experimentador puso los racimos en las plataformas y luego se sentó detrás de una barrera, de modo que ya no podía verlos. Las plataformas estaban manipuladas para que una de ellas se incli-

nase y el racimo se deslizase por una rampa sin que el experimentador pudiese verlo. Los monos inmediatamente cogían este racimo, pero no el que estaba situado en una ubicación conocida por el experimentador. Cuando la situación fue alterada de modo que el experimentador podía ver ambos racimos, los monos se aproximaban a cualquiera de ellos al azar. Estos resultados indican que los monos resus comprenden que ver conduce a saber. Los monos comprendieron lo que el experimentador podía ver y lo que podía o no podía saber como resultado de lo que veía. Por primera vez, los investigadores creen que los monos resus tienen cierta capacidad de razonamiento de teoría de la mente, una capacidad que parece estar disponible sobre todo en situaciones de competencia.[109]

Otro animal social, el perro, es el mejor amigo del hombre. Los científicos no han dedicado mucho tiempo a estudiar a los perros, excepto Darwin, por supuesto. Sin embargo, recientemente los perros han superado a Rodney Dangerfield y han obtenido cierto respeto.* Hasta ahora el estudio sobre los perros se ha visto entorpecido por el argumento de que se trata de una especie «artificial». Comprender que los perros se han adaptado a su nicho (viviendo como animales domesticados) durante por lo menos los últimos 15.000 años (aunque ciertos datos basados en el análisis del ADN sugieren que la domesticación de perros se remonta a más de 100.000 años), del mismo modo que otras especies «naturales» se han adaptado a su nicho particular, ha hecho que las investigaciones comparativas sobre su cognición sean más fructíferas.[110] Los perros poseen ciertas capacidades sociales semejantes a las humanas, de las que carecen los chimpancés,[111] y han evolucionado junto a los seres humanos durante miles de años. Estas capacidades sociales no son aprendidas sino innatas, y son distintas de las de sus parientes ancestrales, los lobos. Los perros entienden lo que los seres humanos ven y cuando un ser humano les lanza una pelota, la dejan caer frente a él, no a sus espaldas, aunque se haya dado la vuelta. Los perros suplican comida a los seres humanos cuya cabeza y ojos están visibles, y no a alguien con la cabeza oculta por un cubo, algo que los chimpancés no hacen espontáneamente. Los perros no intentan coger comida prohibida cuando están tras una barrera y la comida está frente a un cristal, visible para un ser humano. Comprenden que éste puede ver la comida, aunque ellos no puedan verle a él. Los perros no necesitan de la competencia para cooperar.

* Una de las frases más famosas y características de Dangerfield (*véase* la *N. del t.* pág. 114) era «nadie me respeta». Con ella empezaba muchos de sus chistes, por ejemplo: «Nadie me respeta. Con la suerte que tengo, si fuera político, sería honesto». *(N. del t.)*

Son capaces de encontrar comida oculta cuando un ser humano se la señala, incluso cuando éste está alejándose de la comida. Los chimpancés mismos no son capaces de señalar, ni comprenden la intención que hay tras ello, como hacen los perros. La causa tal vez sea la ausencia de auténtica cooperación en ellos.

¿Qué efectos ha tenido la domesticación? En 1959, el doctor Dmitry Belyaev empezó a domesticar zorros en Siberia, seleccionando los que cumplían un único criterio: mostrar una conducta no temerosa ni agresiva frente a los seres humanos. En otras palabras, la característica que seleccionaba era la inhibición del miedo y la agresión. Los efectos secundarios de este proceso de selección incluyen muchas variaciones morfológicas que observamos en los perros domésticos, por ejemplo, orejas flexibles, cola hacia arriba y coloraciones moteadas, como los collies. También hay cambios conductuales, incluida la prolongación del periodo reproductor, y cambios fisiológicos como, curiosamente, el aumento de los niveles de serotonina en la hembra (que, como es sabido, reduce ciertos tipos de comportamiento agresivo) y niveles alterados de hormonas sexuales, que dan como resultado camadas más numerosas. Se alteran los niveles de muchos de los componentes químicos del cerebro que regulan el estrés y el comportamiento agresivo.[112] A partir de un análisis correlativo realizado en función de los estudios de Belyaev sobre la domesticación del perro, se ha sugerido que las capacidades sociales de estos animales podrían haberse desarrollado como un subproducto, que apareció tras el desarrollo de sistemas de mediación en la inhibición del miedo y la agresión. Esto ha llevado a la sugerente tesis de que la conducta social de los chimpancés está determinada por su temperamento, su incapacidad para cooperar y su intensa competitividad, rasgos cada vez más reconocidos por los investigadores.

Quizás el temperamento humano sea necesario para la evolución de formas más complejas de cognición social. Quizá lo que es deficiente en los primates no humanos, y ha limitado el alcance de su cooperación, sea la capacidad de inhibir la propia perspectiva. Hare y Tomasello sugieren que la evolución del temperamento humano podría haber precedido a la evolución de nuestras formas de cognición social más complejas. Nuestra capacidad, extremadamente sofisticada, de leer el pensamiento de los demás no nos hubiese servido de nada si no compartiésemos fines cooperativos. Por eso barajan la hipótesis de que un importantísimo primer paso en la evolución de las sociedades humanas modernas fue una especie de autodomesticación, que seleccionó sistemas de control de la reactividad emocional. Según esta idea, los miembros de un grupo acaban por marginar o matar a los individuos que se muestran excesivamente agresivos o despóticos.[111] Se trata de una propuesta interesante, y si la combinamos con

la tesis de la selección grupal a múltiples niveles, el resultado es un grupo social cooperativo pero dispuesto a castigar a los tramposos.

Estos estudios sobre la adopción de perspectiva en los animales indican que compartimos capacidades de cognición social con otros primates y otros animales sociales. Esto no debería sorprendernos. Lo que sí resulta sorprendente es el alcance de nuestra sociabilidad. Hasta cierto punto compartimos las facultades de contagio emocional, mimetización, adopción de perspectiva y determinadas limitaciones a la autoconciencia. Compartimos los sistemas de neuronas espejo; sin embargo, las nuestras tienen una capacidad mayor y son más numerosas. Podemos imitar voluntariamente movimientos intrincados, una capacidad inexistente en otros primates.

## CONCLUSIÓN

Las personas somos capaces de pasar, voluntaria y deliberadamente, de una perspectiva abstracta a otra con gran facilidad y flexibilidad. Podemos manipular qué emociones estamos simulando sólo con usar la imaginación. Diferentes perspectivas nos pueden llevar a simular emociones diferentes. Esto puede hacerse sin la presencia de ningún estímulo físico en nuestro entorno inmediato. Podemos transferir conocimiento emocional mediante herramientas abstractas, como el lenguaje y la música, a través de libros, canciones, correos electrónicos y conversaciones. Podemos escuchar *An American in Paris*, de George Gershwin, y sentir emoción y la melancolía de la añoranza. Podemos sentir tristeza mientras leemos *Los miserables*, de Victor Hugo, y partirnos de risa al leer a Dave Barry. Esta capacidad nos permite aprender cosas sobre el mundo sin tener que experimentarlas de primera mano. No tenemos por qué aprenderlo todo a las bravas. Puedo contarte cómo reaccionó anoche el público ante un chiste, y así tú sabrás si el chiste funciona (no tienes por qué experimentar por ti mismo el embarazoso silencio o las risitas burlonas que se oyeron). Puedes decirle a un amigo que ir en autobús desde El Paso hasta Tierra del Fuego es un viaje interesante pero agotador, y recomendarle que, en vez de eso, se vaya de luna de miel a Tahití: tu amigo quizás aprenda de tu experiencia y salve así su matrimonio. Estas facultades para simular emociones con el lenguaje y la imaginación, para alterar nuestras simulaciones mediante el uso de la perspectiva y para proyectarnos hacia el futuro y el pasado, enriquecen nuestro mundo social y hacen que nuestras simulaciones sean más poderosas y complejas que las del resto de las especies.

# TERCERA PARTE

## La gloria de ser humanos

# Capítulo 6
# ¿QUÉ HAY DEL ARTE?

*Un hombre que trabaja con sus manos es un obrero; un hombre que trabaja con sus manos y su cerebro es un artesano; pero un hombre que trabaja con sus manos, su cerebro y su corazón es un artista.*

LOUIS NIZER

¿Cómo explicar el arte? ¿Somos los seres humanos los únicos artistas? Puesto que somos productos de la selección natural, ¿qué posible ventaja evolutiva nos proporciona el arte? ¿Se detendrá un león y lo pensará dos veces antes de comerse a nuestro antepasado si éste le baila un zapateado con un par de mocasines de piel de cobra con cáscaras de coco en los talones? ¿Lo haría el ejército de la tribu vecina, tras reptar a través de los arbustos y exclamar ante la vista de nuestro poblado, «¡Mirad con qué sentido estético han dispuesto los troncos! ¡Y la hoguera es simplemente espectacular! ¿En qué estamos pensando? ¡No podemos aporrear a esta gente tan creativa para robarles el muslo de impala que están asando en la barbacoa!».

O tal vez el arte sea como la cola del pavo real. «¡Qué lindas son las herramientas de hueso para tallar piedra que hace Bruno! Los demás tíos no son más que un hatajo de neandertales, pero Bruno es un artista. Creo que voy a aparearme con él.»

¿O es quizá todo una cuestión de estatus? «Bruno tiene la mayor colección de cuchillos de toda la tribu. De hecho, tiene un cuchillo hecho por Gormox. Lo sé, lo sé, los cuchillos de Gormox no cortan nada y están mal hechos pero, ¡son tan difíciles de encontrar!»

O puede que Bruno estuviese acurrucándose para dormir la siesta después de comer cuando captó un destello por el rabillo del ojo y vio una serpiente que se deslizaba hacia él. Entonces recordó el cuento que le explicaba su padre antes de dormir, sobre un hombre que vio una serpiente venenosa, fingió estar dormido y justo cuando aquélla estaba a punto de... la agarró y la aplastó contra el suelo. Mientras Bruno despellejaba la serpiente con su afilado cuchi-

llo, pensando en hacerse unos mocasines nuevos, se dijo para sus adentros: «Mmmm. Después de todo, tal vez estos cuentos no eran sólo para hacerme dormir».

¿O es que Bruno fue el primer francés seductor? «Oh, *ma petite*, adéntrate conmigo en esta cueva justo a la vuelta de la esquina en Lascaux y te enseñaré mi colección de pinturas rupestres.» ¿O el arte fue una ofrenda a los dioses? «Si esta danza me sale bien, seguro que tendremos buena caza a raudales y un tiempo estupendo. O sea, mejor que no la fastidie saltando hacia arriba cuando debería pisar hacia abajo. Esto lo echaría todo a perder».

¿Y qué hay de esos ritmos embriagadores? ¿Es que la tribu que bailaba al unísono estaba más unida que la que bailaba desacompasada? ¿Eran sus integrantes más capaces de coordinarse en la caza? ¿Era Pavarotti distinto de un pájaro cantor atrayendo a su pareja? ¿Es Mick Jagger otro ejemplo del poder de atracción de la cola del pavo real, o hay ahí mucho más de lo que parece? ¿Es el arte un fenómeno exclusivamente humano?

El arte es un enigma que se resiste a la explicación. Una consideración superficial lo situaría en la posición de la guinda del pastel. Cuando todo lo demás ha sido explicado, entonces podemos reflexionar sobre el arte. ¿Es lo estético simplemente lo extra, lo que creamos sólo después de crear lo funcional? «He construido una silla y ahora ya me puedo sentar. Mmm, sin duda parece muy aburrida, tal vez debería añadirle un cojín para darle color.» Una vez que nos hemos ocupado del alquiler, el supermercado, la ropa, el gas, el coche, el seguro, los electrodomésticos, el plan de pensiones y los impuestos, si nos queda algo tal vez pensemos en ir al cine, a un concierto o una exposición, a clases de baile o al teatro. Pero ¿es éste verdaderamente el lugar que le corresponde? Quizás el arte sea más importante que eso. Quizá no sea la guinda del pastel; quizá sea como el bicarbonato, o la sal de la vida. Quizá forma parte de nosotros hasta tal punto que lo damos por supuesto una y otra vez. Acaso la cualidad estética de las cosas sea mucho más importante de lo que creemos para nuestra sensibilidad, y nuestra ignorancia tiene sus peligros. Quizá tiene que ver con esa gran parte inconsciente de nuestro cerebro, de la que cada vez estamos aprendiendo más y más cosas soprendentes. ¿Cuando evolucionó el arte? ¿Existen datos que confirmen su presencia en otros animales o en nuestros antepasados? ¿Fue necesario que se desarrollara nuestro cerebro grande para que apareciese el arte, o éste contribuyó a dicho desarrollo?

Muchas formas de arte son, a todas luces, exclusivas de los seres humanos. Los gorilas no tocan el saxofón, ni los chimpancés escriben obras de teatro. ¿Existe algún animal no humano capaz de apreciar el arte? ¿Contempla el atardecer un chimpancé, se deja cautivar por Rachmaninoff? ¿Le gustan los Ro-

lling Stones a tu perro? ¿Es el arte una necesidad humana? ¿Ayuda a desarrollar el cerebro? Las clases de piano, ¿son tan importantes como las de historia? ¿Deberíamos invertir más dinero en la educación artística de nuestros hijos? ¿Deberíamos considerarlo no la guinda del pastel, la última cosa en la que gastamos el dinero, sino un artículo de primera necesidad?

Muchas de estas cuestiones han empezado a plantearse sólo muy recientemente. Empezaremos con una breve mirada a lo que es el arte. A continuación examinaremos lo que se sabe de sus inicios y lo que puede decirnos el arte sobre los cerebros que lo crearon. Escucharemos lo que tienen que decir los psicólogos evolutivos, y luego veremos lo que han revelado los estudios de neuroimágenes neurales.

## PERO ¿QUÉ ES EL ARTE?

¿Podemos siquiera definir el arte? Uno de los misterios del arte es el que plantea el lugar común: «La belleza está en los ojos (o en los oídos) del observador». Imaginemos que vamos juntos a una galería de arte, y uno de nosotros se queda cautivado mientras que para el otro lo que acabamos de ver es la obra de un pintor de tres al cuarto. Podemos oír como alguien susurra: «¿Y a eso le llaman arte? Yo lo llamo basura». Imaginemos que vamos a un concierto, y uno de nosotros piensa que la música es sublime, y el otro está a un tris de levantarse e irse. Cuando entramos en una sala, uno de nosotros se siente relajado y a gusto, y la encuentra encantadora, mientras que el otro piensa que es sosa y aburrida y susurra, refiriéndose a la anfitriona: «¡Qué mal gusto tiene!». Sabemos al instante si una pintura nos gusta o no. O nos «toca la fibra» o no lo hace.

El arte es uno de esos universales humanos. Todas las culturas tienen alguna forma de arte, sea pintura, danza, narraciones, canciones, etcétera. Podemos mirar un cuadro, escuchar una sinfonía o contemplar un espectáculo de danza, y entender inconscientemente cuánto tiempo y esfuerzo se ha invertido en la producción, cuánta (o cuán poca) práctica e instrucción ha requerido y apreciarlo, pero esto no implica que nos guste. ¿Cómo definir algo sobre lo que no existe consenso alguno? Por otra parte, ¿verdad que contemplar un cielo estrellado sobre el desierto nos maravilla a todos? ¿Verdad que el murmullo de un riachuelo nos parece a todos encantador?

Ellen Dissanayake, profesora asociada del Conservatorio de Música de la Universidad de Washington, señala que «el actual concepto occidental del arte es un desastre».[1] Observa que nuestra noción del arte está ligada a nuestro tiempo y lugar, y que la estética moderna procede de filósofos que no conocían

el arte prehistórico, ni sabían de la omnipresencia del arte, en sus múltiples formas, por todo el mundo, ni que somos producto de la evolución biológica. Steven Pinker, que tiene ideas perspicaces sobre casi todo, nos recuerda que el arte no sólo tiene que ver con la psicología de la estética, sino también con la psicología del estatus. Para entender el arte hay que distinguir ambas disciplinas, y esto es lo que no se ha hecho a lo largo de muchas de las largas e insustanciales discusiones sobre el arte realizadas en el pasado. La psicología del estatus desempeña un papel fundamental en la determinación de lo que se considera Arte. Al igual que una casa monumental o un Lamborghini, un picasso original en la pared no tiene ningún valor utilitario sino que indica que tienes dinero a espuertas. Pinker afirma que «los análisis de Thorstein Veblen y Quentin Bell sobre el gusto y la moda, según los cuales el vulgo tiende a imitar las exhibiciones de consumo, ocio y mal gusto desenfrenados de una elite, empujando a los miembros de ésta a una huida hacia delante en busca de exhibiciones nuevas e inimitables, explican perfectamente las rarezas del arte, que de otro modo resultan inexplicables».[2]

En cuanto una moda, un estilo de arquitectura, de música, etcétera, son aceptados por las masas enfervorecidas, ya no pertenecen a la elite y dejan de ser consideradas arte con mayúsculas. Por tanto, es imposible definir el arte si se mezclan ambos aspectos de su psicología, pues la definición de partida cambia constantemente. Sin embargo, si somos capaces de distinguirlos, podemos abordar el aspecto estético del arte. Tanto Pinker como Dissanayake incluyen en su categoría de arte los productos comunes y no sólo los exclusivos. Los platos de tu cocina pueden tener para ti el mismo valor estético que una pintura. La estética tiene poco que ver con el valor monetario del arte. En el mundo del Arte, sin embargo, una obra puede ser bella, pero si es una copia, carece de valor.

Pinker añade que la respuesta psicológica al aspecto de estatus del arte es un tema prohibido entre los intelectuales y los estudiosos del arte. Para ellos, no pasa nada si eres un ignorante en ciencias y matemáticas, pese a que tales conocimientos puedan ayudarte a tomar decisiones sobre tu vida y tu salud. Sin embargo, preferir Wayne Newton a Mozart, o ignorar cierta referencia culta, resulta tan chocante como aparecer en una cena de etiqueta llevando (sólo) unas bermudas. Tus elecciones en arte, tus preferencias personales y tus conocimientos sobre actividades que se llevan a cabo en tiempo de ocio, son utilizadas por los demás para juzgar tu carácter. No suele ocurrir lo mismo en una discusión sobre taladros o cromosomas. Cómo hemos llegado a mezclar el estatus con el arte es una cosa, y por qué encontramos que algo es estéticamente agradable, otra muy distinta.

## ARTE Y BELLEZA

Hay quienes argumentan que la belleza no tiene nada que ver con el arte. Debe de ser porque no han distinguido las dos distintas respuestas psicológicas. Nunca oímos a alguien decir: «Es la pintura más fea que he visto jamás. La pondremos en el comedor». Pero mientras contemplas la misma cosa horrible en la galería, puedes oír a alguien que dice: «Es la última obra de Fulano, la anterior se la compró Getty. Creo que la va a poner en su apartamento de Nueva York». Camilo José Cela Conde, director del Laboratorio de Sistemática Humana y catedrático de la Universidad de las Islas Baleares, cita la afirmación del filósofo Oswald Hanfling: «La gente que visita galerías de arte, lee poesía y demás, lo hace, después de todo, porque va en busca de la belleza».[3] Las orquestas sinfónicas no sobrevivirían si dependiesen sólo de esta respuesta: «Aquí en la crítica del dominical pone que esta sinfonía es la pieza musical más disonante y estridente que el crítico ha oído jamás, y la compara con el sonido de una uña en una pizarra. ¡Suena fantástico! Tenemos que ir». Lo que nos interesa es averiguar si existe un sentido universal de estética o belleza. Pinker se pregunta: «¿Qué tiene la mente que hace que las personas obtengan placer a partir de formas, colores, sonidos, chanzas, historias y mitos?».

Una definición de diccionario. Arte: «Afán humano por imitar, complementar, alterar u oponerse a la acción de la naturaleza. La producción o disposición consciente de sonidos, colores, formas u otros elementos de una manera que afecte al sentido de belleza, específicamente la producción de lo bello a través de un medio gráfico o moldeable».[4] Nancy Aiken, de la Universidad de Ohio, divide el arte en cuatro componentes:

1. El artista que crea la obra.
2. La obra en sí misma.
3. El observador de la obra.
4. El valor que el observador concede a la obra.[5]

El *American Heritage College Dictionary* da cuatro definiciones de estética, que vamos a considerar una a una. La primera definición es: «Rama de la filosofía que trata de la naturaleza y la expresión de la belleza, por ejemplo, en las bellas artes. En la filosofía kantiana, la rama de la metafísica que estudia las leyes de la percepción». Hay filósofos que hablan sobre qué es hermoso, y llevan siglos hablando de ello. La discusión filosófica empieza con la teoría platónica de que la belleza es independiente del observador (aunque necesita uno). Si

algo es bello, simplemente lo es; no es necesaria la opinión de nadie. Un par de milenios más tarde, tenemos a Kant, que estaba interesado en el valor estético para el que percibe: la belleza está en los ojos del observador. Por consiguiente, la belleza es un juicio.

La neurociencia puede, cuando menos, estudiar las teorías kantianas sobre la percepción y los juicios estéticos.[6] Así que tenemos el estímulo (el objeto, el artista o la pieza musical) y su percepción sensorial. A continuación está nuestra respuesta emocional a la percepción del estímulo, que nos lleva a la segunda definición de estética: «El estudio de las respuestas psicológicas a la belleza y las experiencias artísticas».

En realidad, los estudios realizados sobre las respuestas psicológicas a la belleza son más bien escasos. La investigación sobre la estética ha seguido la misma suerte que la investigación sobre las emociones. Ha sido desatendida por los conductistas y los cognitivistas y, curiosamente, también por parte de los nuevos estudiosos de la emoción.[7] Se ha sugerido que esta desatención se debe a la incapacidad de identificar la estética como cognición ni como emoción, ni siquiera como ambas cosas: es un huérfano en el país de la psicología. La experiencia estética es una clase especial de experiencia, no un tipo de respuesta o una emoción, sino un *modus operandi* del conocimiento sobre el mundo. Es una sensación asociada a una evaluación positiva o negativa. Esto les suena, ¿verdad? Es como la información del tipo «acércate/no te acerques» que se le proporciona al cerebro antes de que éste desarrolle el lenguaje. De hecho, recientemente oí a alguien pronunciar esta frase: «Me gusta esta cocina, pero no puedo decirte por qué. Supongo que para averiguarlo tendría que desmontarla y examinar sus componentes».* Después de la reacción emocional, emitimos un juicio, moderado por una idea inconsciente (instintiva) o consciente (condicionada por la cultura, la educación, la formación y el temperamento) de lo que pensamos acerca de la belleza o fealdad del estímulo.

Y esto nos lleva a la tercera definición de estética: «Una concepción de lo que es artísticamente válido o bello». Donald Norman, de la Universidad Northwestern, sugiere que existen tres niveles distintos de belleza. La belleza de superficie, que es la reacción visceral inmediata, está determinada biológicamente y es sistemática en personas de todo el mundo. Luego está la belleza operativa o conductual (cómo se comporta este BMW en la autopista). En el último nivel tenemos la belleza en profundidad, en el sentido y la implicación, que Norman llama belleza reflexiva. La belleza reflexiva es consciente y está

* Maureen Gazzaniga.

influida por la cultura, la educación, los recuerdos y la experiencia del individuo, todo lo que le identifica como persona.[8] Por lo tanto, hay dos tipos distintos de juicio estético, uno visceral y automático, y el otro consciente y contemplativo.

Y finalmente llegamos a la cuarta definición de estética: «Una apariencia artísticamente bella o agradable». Nicholas Humphrey* enfoca la cuestión de la belleza desde el punto de vista perceptivo al intentar definir la cualidad perceptiva particular que tienen en común las cosas bellas. A continuación busca la esencia de la belleza en las relaciones que se establecen entre los elementos percibidos. Puede que, al escuchar una melodía, pensemos que es bella, pero no pensamos que el *re mayor* es bello en sí mismo, o que el *la* es bello, y así sucesivamente. Lo que es hermoso es la combinación de las distintas notas, la relación entre ellas. Pero esto no nos sirve de mucha ayuda. De acuerdo, podemos decir que la relación entre las notas es bella, pero ¿qué relaciones son importantes? ¿Por qué son importantes? ¿Por qué un encadenamiento incesante de *re mayor* y *la* no es bello, mientras que una breve y pequeña pincelada en el momento preciso sí lo es?

Humphrey cita al poeta Gerard Manley Hopkins. Hopkins definió la belleza como «semejanza templada con diferencia». Humphrey prosigue formulando la hipótesis de que «las preferencias estéticas derivan de una predisposición, en los animales y los hombres, que les impele a buscar experiencias que les permitan aprender a clasificar los objetos del mundo que les rodea. Las "estructuras" bellas, en la naturaleza o el arte, son aquellas que facilitan la tarea de clasificación, al presentar datos sobre las relaciones "taxonómicas" entre las cosas de un modo informativo y fácil de captar».[9] Humphrey está apuntando al hecho de que nuestra capacidad de hacer juicios estéticos es fundamental para el aprendizaje.

En el siglo XIX, Gerard Manley Hopkins no tenía a la neurociencia para que le ayudara, como tampoco la tuvo Platón en su día. Pero las cosas han cambiado y se han vuelto más interesantes. Los psicólogos Rolf Reber, Norbert Schwarz y Piotr Winkielman, de la Universidad de Bergen, Noruega, la Universidad de Michigan y la Universidad de California, en San Diego, respectivamente, abordan la cuestión de la belleza desde la perspectiva de su procesa-

* Humphrey dijo: «Sostengo que las facultades intelectuales superiores de los primates han evolucionado como una adaptación a las complejidades de la vida social». Humphrey, N. K., «The social function of intellect», en P. P. G. Bateson y R. A. Hinde, comps., *Growing Points in Ethnology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.

miento neuronal. Sugieren que la belleza, definida por el placer estético, es una función de la dinámica perceptiva del que la percibe. Cuanto más fluido es el procesamiento perceptivo de un objeto por parte del individuo, más positiva será su respuesta estética. Esta teoría tiene cuatro presupuestos:

1. Algunos objetos se procesan más fácilmente que otros, al contener ciertas características que el cerebro está diseñado para procesar, lo que hace con rapidez, por ejemplo, la simetría. (Más adelante hablaremos de estas características.) Pero la facilidad de procesamiento también puede estar influida por una impronta perceptiva o conceptual.

2. Cuando percibimos algo que procesamos fácilmente, tenemos una sensación positiva.

3. Esta sensación positiva contribuye a nuestro juicio de valor acerca de si algo es agradable o no, a menos que cuestionemos el valor informativo de este estímulo.

4. El impacto de la fluidez está moderado por nuestras expectativas o atribuciones con respecto al objeto. Si vas de compras a Nordstrom y te gusta la música de piano de fondo mientras compras, tu estado de ánimo es positivo. Entonces, cuando ves un bolso rojo que te gusta, es más probable que lo compres debido al estado de ánimo positivo. Sin embargo, imaginemos que, antes de entrar en la tienda, yo te dijese: «No te dejes influir por la música de piano. Lo hacen para inducirte un estado de ánimo positivo y para que así compres más». Entonces, cuando vieras ese bolso, tendrías más cuidado a la hora de decidir si te gusta o no.

No obstante, aunque existan preferencias innatas debidas a la facilidad de procesamiento, distintas experiencias pueden aumentar la fluidez de procesamiento en nuevas áreas, y también pueden establecerse nuevas conexiones neurales, todo lo cual afectará a nuestra capacidad de hacer juicios estéticos.[10] La experiencia puede aumentar nuestra fluidez de procesamiento. Es posible que un estilo de arquitectura nuevo no te guste la primera vez que lo ves, pero que después de verlo varias veces empiece a «crecer en tu interior». La belleza de esta teoría reside en que puede dar cuenta de muchos hallazgos que hasta entonces resultaban desconcertantes. Más adelante volveremos sobre esta cuestión.

Hopkins dividió el juicio estético de un objeto «bello» en sus componentes perceptivos y sus componentes visuales o auditivos, y a continuación distinguió los factores que según él contribuían a la formación de tal juicio, sugiriendo implícitamente que se trataba de reglas universales. Reber, Schwarz y

Winkielman suponen que hay ciertas cosas fáciles de procesar de un modo innato. Según Norman, la reacción inmediata que tenemos ante la belleza de superficie está determinada biológicamente. ¿Puede decirnos la ciencia si contamos de veras en nuestro cerebro con principios universales que guían nuestras preferencias estéticas?

## *¿Existen componentes universales de los juicios estéticos?*

¿Compartimos con otros animales ciertas preferencias universales por determinados componentes de preferencia estética? Si es así, ¿cuando se canalizaron estas preferencias hacia la producción artística efectiva? ¿Puede ayudarnos el pasado? ¿Podemos señalar en qué momento apareció por primera vez el arte? No voy a mantener el suspense. La respuesta es no. El momento en el que nuestros antepasados percibieron por primera vez un estímulo e hicieron el juicio de valor de que era bello nos será probablemente desconocido para siempre. ¿Cuándo sucedió por primera vez que un primate mirase una puesta de sol y la encontrase magnífica? ¿Ocurrió antes o después de que divergiéramos de nuestro antepasado común? ¿Existe algún indicio de que los chimpancés tengan sensibilidad estética? Los chimpancés exhiben una reacción emocional ante ciertos fenómenos naturales. Jane Goodall describe una cascada del Parque Natural de Gombe en la que ha observado a chimpancés en varias ocasiones distintas. Tras llegar allí, ejecutan una danza salvaje, que incluye balancearse rítmicamente sobre un pie y luego sobre el otro, y luego se sientan y observan cómo cae el agua.[11] Se desconoce lo que ocurre en el cerebro de los chimpancés en ese momento. ¿Están entusiasmados, como lo está un niño por ir a la playa? ¿Sienten la emoción del asombro? ¿Están haciendo un juicio estético? («Me gusta esto» no necesariamente se traduce por «Creo que esto es bello».) ¿Pueden llegar a hacer juicios estéticos?

## *¿Chimpancés artistas?*

Algunos chimpancés, especialmente en su juventud, cuando se les dan lápices o pinceles se quedan absortos usándolos, hasta el punto de pasar por alto sus platos favoritos y dar la espalda a otros congéneres mientras trabajan en una obra. Los chimpancés aficionados al dibujo llegan a suplicar lápices y papel cuando ven a su cuidador en posesión de ellos y estallan en una rabieta si se les interrumpe mientras están pintando. Un indómito chimpancé llamado *Alpha*

se negó a dibujar con el lápiz que se le había asignado y rechazaba los lápices con la punta roma. Es evidente que a algunos les gusta dibujar y se muestran un poco quisquillosos con respecto al resultado. Además, los chimpancés permanecen en las inmediaciones de su hoja de papel; uno incluso marcó los bordes del papel antes de empezar.[12] Una serie de tres pinturas realizadas por un chimpancé macho llamado *Congo* fue vendida hace poco en una subasta al precio de doce mil libras esterlinas.[13]

Desmond Morris, el primero en estudiar a *Congo*, así como las obras de otros primates dibujantes y pintores, identificó seis principios comunes al arte chimpancé y el arte humano. Es una actividad gratificante en sí misma, existe un control de la composición, variaciones en las líneas y en los temas, un óptimo de diversidad y una imaginería universal.[12] Al igual que el arte de los niños y los adultos sin instrucción es muy similar en su imaginería y apariencia, con independencia de la cultura, los dibujos y pinturas de chimpancés también se parecen mucho entre sí. Morris atribuye la imaginería universal en el arte humano en parte a las semejanzas en los movimientos musculares del cuerpo y a las limitaciones del sistema visual. A lo largo de su instrucción, el artista va adquiriendo un mayor control sobre su musculatura y, según Morris, aparece una tercera influencia que, con la práctica, se va haciendo más pronunciada: el factor psicológico.

Sin embargo, *Congo* no era un maestro en el uso de los colores, como sugieren sus cuadros. Si se le dejaba sólo con las pinturas, las mezclaba todas hasta que quedaba un color marrón, que era el que entonces usaba. Se le daban pinceles empapados en pintura de un color, y una vez agotado éste, se le daban pinceles de otro color. Para que los investigadores pudiesen estudiar la caligrafía de las pinceladas, se permitía que cada color se secase antes de darle otro, para que no se mezclasen los colores ni las pinceladas. Si se le dejaba a su aire, *Congo* no dejaba secar un color sino que pintaba encima con otro, y los colores y las pinceladas se encharcaban. Aunque *Congo* avisaba cuando había acabado con un cuadro, a menudo pintaba encima de él si se le daba en otro momento. Después de completar un dibujo o pintura, ya no mostraba ningún interés en él. No los contemplaba por placer. Las sesiones de dibujo y pintura eran muy breves, nunca duraban más que unos minutos por cuadro, lo cual planteaba la cuestión de si el final del cuadro era resultado de un juicio estético o simplemente el final de su lapso de atención, sobre todo teniendo en cuenta que *Congo* podía dibujar encima de él en una sesión distinta. Curiosamente, *Congo* ensayó distintas técnicas, como la de orinar encima de una pintura y esparcir la orina por el lienzo, y más adelante rociar un cuadro con agua para conseguir el mismo efecto. También intentó aplicar en los cuadros el cepillo de aseo y las

uñas. La novedad era importante. Ninguno de los chimpancés estudiados por Morris creó una imagen pictórica que fuese identificable.

En una digresión sobre el control de la composición, Morris cita un estudio realizado en Alemania por el profesor Bernhard Rensch, que se preguntaba si los animales tenían patrones preferenciales. Rensch experimentó con cuatro especies inquisitivas: dos especies de monos, monos capuchinos (*Cebus*) y monos guenon (*Ceropithecus*), y dos especies de aves, grajillas y cuervos. Les presentó una serie de cartas ilustradas con patrones rítmicos regulares o marcas irregulares.

Tras varios centenares de pruebas, descubrió que las cuatro especies escogían con más frecuencia los patrones regulares. Concluyó que, «cuando se trataba de escoger entre distintos patrones de negro sobre fondo blanco, los monos preferían los patrones geométricos, es decir, más regulares, a los irregulares. Es muy probable que la regularidad del curso de una línea, la simetría y repetición radial o bilateral de componentes iguales en un patrón (ritmo) fuesen decisivos para la preferencia... Ambas especies de aves preferían los patrones más regulares, simétricos o rítmicos. En la mayoría de los casos, el porcentaje de preferencia era estadísticamente significativo. Probablemente, la causa de esta preferencia sea la "facilidad de la complejidad", es decir, el hecho de que las repeticiones simétricas y rítmicas de los mismos componentes (*Rekurrenzlust*) se comprenden con más facilidad».* Morris señala que los elementos vitales —simetría, repetición, regularidad, ritmo— son los factores básicos que despiertan el interés del ojo a la hora de seleccionar un patrón, aunque también aparecen en la producción de patrones. Existe una «reacción positiva al orden en vez del caos, a la organización en vez de la confusión». Según estos estudios, numerosas especies muestran preferencias por tipos específicos de patrones visuales, las mismas que exhiben los seres humanos. Parece que la preferencia por ciertos componentes de las imágenes pictóricas tiene una base biológica.

## ORÍGENES DEL ARTE HUMANO

Para estudiar los orígenes de los empeños artísticos en nuestros antepasados directos, debemos examinar lo que nos dicen los registros arqueológicos. Es obvio que nunca sabremos cuándo se compuso y tarareó la primera melodía

* *The Biology of Art*, pág. 161.

puramente por placer. Buena parte del arte decorativo es igualmente efímero, al adoptar la forma de plumas, madera, pinturas y arcilla. Sólo podemos explorar esta cuestión a través de los registros que han sobrevivido: escondrijos de tinte, herramientas, abalorios de huesos y conchas, y arte rupestre, como el que puede verse en las cuevas del sur de Francia y en las tierras inexploradas de Australia. Hablaremos sobre la música un poco más adelante.

La cuestión de si construir herramientas de piedra era una empresa creativa ha suscitado cierta controversia. Se han descubierto hachas de piedra junto a restos de *Homo erectus* de hace 1,4 millones de años,[14] y se han encontrado ejemplares de hace unos 128.000 años. Aunque a veces los chimpancés usan piedras como herramientas para abrir nueces y pueden incluso llevar consigo una piedra específica de un árbol a otro, nunca se ha observado a un chimpancé en estado salvaje tallar una piedra para hacer una herramienta.[15] El diseño básico de la primera hacha de piedra y su técnica de producción permanecieron estables durante muchos miles de años y a lo largo y ancho de una extensa zona geográfica. Las hachas parecen haber sido talladas en función de las líneas de corte que ofrecían menos resistencia. Muestran un grado limitado de forma impuesta, más que un plan imaginado en la mente del tallador. Ejemplares posteriores empiezan a ser modificados según simetrías más agradables, patrones de corte distintivos y diferentes proporciones entre largo y ancho. Sigue siendo objeto de debate si las hachas de piedra representan tan sólo una capacidad mimética[16] o son los productos iniciales de una imaginación creativa en desarrollo.

El arqueólogo británico Steven Mithen sugiere que el hecho de esculpir un hacha de piedra a partir de una forma de piedra aleatoria podría indicar la presencia de creatividad.[15] Pero aquí no estamos hablando exactamente de la creatividad, que puede dar lugar a artículos de una cualidad únicamente funcional, sino del arte, de la atracción estética. Ellen Dissanayake señala que algunas de las hachas fabricadas por el *Homo erectus* estaban hechas de pudinga (conglomerado), que la mayoría de la gente consideraría bello, en vez de sílex, mucho más abundante y fácil de usar. Esto sugiere que tal vez estaban interesados en la apariencia del hacha. Las hachas posteriores fabricadas por el *Homo sapiens*, de hace unos 250.000 años, fueron talladas incorporando fósiles en la parte central de su diseño (que en consecuencia resulta simétrico). El microscopio electrónico ha revelado que algunas de ellas no se habían usado nunca.[1] Quizá se conservaban sólo por su valor estético. Aunque existen pruebas de cierta sensibilidad artística, parece que era limitada.

Los investigadores interesados en los orígenes del arte humano se dividen en dos bandos. Unos creen que hubo un acontecimiento explosivo, cierto

cambio repentino y fundamental en las capacidades y la creatividad humanas, que tuvo lugar entre hace unos 30.000 y 40.000 años; para otros fue un proceso más gradual, cuyas raíces se remontan a millones de años. Dejaremos este debate a los amantes de la controversia y partiremos de la única cosa en la que ambos bandos están de acuerdo. Se tienen pruebas del uso decorativo de ejemplares de hachas de mano, abalorios y pigmentos de ocre cuya antigüedad se remonta a miles de años antes del citado periodo, pero el número de ejemplares hallados cuyo origen corresponde a los últimos 40.000 años es abrumador. Realmente hubo una explosión de actividad artística y creativa que dejó las pinturas y los grabados rupestres descubiertos desde Australia a Europa, unos diez mil objetos esculpidos y grabados hechos de marfil, hueso, cuerna, piedra, madera y arcilla hallados entre Europa y Siberia, y herramientas sofisticadas, como agujas de coser, lámparas de aceite, arpones, lanzas, taladros y sogas.

Muchos arqueólogos sostienen que esta explosión de creatividad supuso un acontecimiento evolutivo fundamental en el linaje del *Homo sapiens*.[17] En nuestro cerebro cambió algo que le permitió expandir sus anteriores capacidades creativas, un aspecto exclusivo del *Homo sapiens*. ¿Recuerdan que en el capítulo 1 hablábamos de la variante genética de la microcefalina que surgió hace aproximadamente 37.000 años? De repente, hace unos 40.000 años, cuando la vida no debía de ser nada fácil (con enfermedades infecciosas, accidentes de caza, esperanza de vida muy breve y sin tiendas abiertas las veinticuatro horas ni boutiques de Prada o Armani), unos *Homo sapiens* anatómicamente iguales a nosotros empezaron, en un estallido de actividad creativa y estética sin precedentes, a pintar imágenes, llevar joyas e inventar multitud de nuevos utensilios. ¿Por qué lo hacían? ¿Y qué nos dice esto acerca de nuestro cerebro?

## *Teorías evolutivas sobre el origen del arte*

Charles Darwin consideraba que el sentido estético era una facultad intelectual derivada de la selección natural. Nadie más pensó demasiado en ello hasta que apareció Ellen Dissanayake. Su idea es que el arte es... ¡una conducta biológica! Y la fundamenta en varias observaciones. Para empezar, conductas como cantar, danzar, contar historias y pintar son universales en todas las culturas. En casi todas las sociedades, el arte es parte integral de la mayoría de las actividades humanas y consume una parte considerable de los recursos disponibles. Por ejemplo, los hombres de la tribu owerri de Nigeria, que construyen y pintan casas ceremoniales, están exentos de sus tareas cotidianas durante un periodo de hasta dos años. Las artes proporcionan placer: nuestro sistema mo-

tivacional las persigue porque nos recompensan haciéndonos sentir bien. Los niños pequeños se ponen a bailar, dibujar y cantar de forma espontánea. Al igual que Darwin, Dissanayake señala que la conducta de crear arte ha evolucionado por selección natural, y que la tendencia fundamental que subyace a semejante conducta es lo que ella denomina «hacerlo especial».

Hacer que algo sea especial requiere intención, y la intención es distinguir un objeto o acción de lo corriente apelando a las emociones mediante los ritmos, texturas y colores que se utilizan. A juicio de Dissanayake, «hacerlo especial» es una conducta que aumenta la cohesión grupal y por tanto resulta ventajosa en lo que respecta a la supervivencia. A su vez, la cohesión grupal puede incrementar las posibilidades de supervivencia de los individuos que integran el grupo. Según ella, en el pasado, el ámbito en el que acaso querría alguien apartarse de lo corriente era el de la magia o el mundo sobrenatural en forma de rituales, no el de la pura estética como en la actualidad.

Cuando decimos que algo es arte, sea esto lo que sea, estamos reconociendo que es especial en cierto modo. El hecho de invocar el «hacerlo especial» como principal motivación tras el arte como conducta nos permite incluir muchas conductas y dejar al margen los juicios de valor sobre si es «arte del bueno». Ya no tenemos por qué pensar en el arte como una actividad que se realiza por sí misma, lo cual facilita la explicación en un contexto evolutivo. Aunque muchos estudiosos han sugerido que tras los orígenes del arte hay una única motivación, como la ornamentación corporal, un impulso creativo, aliviar el aburrimiento o comunicarse, Dissanayake plantea que esa motivación se compone de muchas partes (manipulación, percepción, emoción, simbolismo y cognición), y que surgió junto a otras características humanas, como la de construcción de herramientas, la necesidad de orden, el lenguaje, la formación de categorías, la formación de símbolos, la autoconciencia, la creación de cultura, la sociabilidad y la adaptabilidad. Sugiere que, en cuanto a la evolución humana, la función del arte fue «facilitar o hacer atractivas conductas socialmente importantes, especialmente ceremonias, en las que se expresaban y transmitían valores grupales, a menudo de naturaleza sagrada o espiritual».*

Geoffrey Miller, que como tal vez recuerden estudia la selección sexual, piensa que las artes son el resultado de la selección sexual. Sugiere que los individuos creativos tienen mayor éxito reproductor. Su propuesta es que el arte es como la cola del pavo real: un indicador de eficacia biológica. Cuanto más intrincada, compleja y extravagante sea una obra de arte, cuanta más habilidad

* *What is Art For?*, pág. 167.

se requiera para producirla y menos funcional sea para la supervivencia, mejor será como indicadora de eficacia biológica. Semejante obra está diciendo: «¡Soy tan hábil a la hora de encontrar comida y refugio que puedo permitirme pasar la mitad del tiempo haciendo algo sin ningún valor de supervivencia evidente! Escógeme para aparearme contigo, y tendremos un puñado de fabulosos descendientes tan capaces como yo». Miller afirma que «la cola del pavo real, la canción del ruiseñor, el nido del pájaro jardinero, el ala de la mariposa, la cornamenta del alce irlandés, las ancas del babuino y los tres primeros álbumes de Led Zeppelin»[18] son ejemplos de indicadores de eficacia biológica producto de la selección sexual. Supongo que a Miller no le impresionó tanto como a otros *Stairway to heaven*, del álbum *Led Zeppelin IV*.

Steven Pinker no está tan seguro de que el arte tenga alguna función adaptativa, sino que, en su opinión, es más bien un subproducto de otras funciones del cerebro. Señala que las razones en las que Dissanayake fundamenta su premisa de que el arte desempeña una función adaptativa (está presente en todas las culturas, consume un montón de recursos y es placentero) también pueden atribuirse al consumo de drogas recreativas, que no es precisamente algo que llamaríamos adaptativo.

Desde el punto de vista del psicólogo evolutivo, el cerebro está motivado por necesidades que estaban ligadas a la adaptación biológica en el entorno de nuestros antepasados, como comida, sexo y éxito reproductor, seguridad y detección de depredadores, amistad y estatus. Cuando se alcanzan estos objetivos, el cuerpo nos recompensa con una sensación placentera. *Hemos perseguido y cazado la gacela y ahora, cuando la estamos masticando, tenemos una sensación agradable*. El cerebro humano también tiene la capacidad de entender la causa y el efecto, capacidad que utiliza para alcanzar ciertos objetivos: «Si persigo la gacela y la mato, tendré algo que comer (e inconscientemente seré recompensado con una sensación placentera)». Pinker piensa que el cerebro ha sumado dos y dos y ha ideado cómo obtener la sensación placentera sin hacer el trabajo duro de alcanzar realmente un objetivo. Un modo de conseguirlo es tomar drogas recreativas; otro es a través de los sentidos diseñados para emitir señales de placer cuando se topan con un estímulo relacionado con un logro adaptativo. De ahí que obtengamos una señal placentera cuando comemos algo dulce y repleto de grasa, como por ejemplo un dónut de chocolate.

En el entorno de nuestros antepasados hubiese sido adaptativo tener una motivación para encontrar y comer alimentos dulces (fruta madura) y grasas, porque eran difíciles de encontrar y beneficiosos para la supervivencia. Sin embargo, ya sabemos adónde nos lleva este camino hoy en día, cuando la co-

mida es abundante. Seguimos estando motivados por el placer que sentimos al comer dulces y grasas, aunque ya no sea adaptativo tener una motivación tan fuerte que resulta difícil de resistir. Las drogas recreativas también proporcionan una sensación de placer sin tener que hacer el trabajo de alcanzar un objetivo. Escuchar música nos da placer pero no parece ser adaptativo... ¿o sí lo es? Pinker, no obstante, mantiene la mente abierta. Escucha lo que dicen John Tooby y Leda Cosmides, directores del Centro de Psicología Evolutiva de la Universidad de California, en Santa Bárbara. Ellos piensan de otro modo, y Pinker está interesado en lo que tienen que decir.

### *Algo extraño está ocurriendo*

Al principio, Tooby y Cosmides también opinaban que el arte es un subproducto, pero actualmente creen que esta teoría deja preguntas sin respuesta. Afirman que «casi todos los fenómenos centrales para las humanidades son anomalías desconcertantes desde una perspectiva evolutiva».[19] Especialmente extraña resulta lo que ellos denominan la «atracción de la experiencia ficticia», sea en una historia, una obra de teatro, un cuadro u otros productos de la imaginación. Si estos fenómenos no existiesen en todas las culturas (la invocación de mundos ficticios e imaginarios es otro de esos universales humanos), ningún psicólogo evolutivo los hubiese predicho.

Otro miembro de la lista de fenómenos extraños es el hecho de que implicarse en las artes imaginativas es gratificante sin que haya ninguna contrapartida funcional obvia. ¿Por qué la gente se sienta a ver seriales televisivos, a leer novelas y a escuchar historias? ¿Es sólo una manera de perder el tiempo? ¿Es que son todos un hatajo de vagos redomados? ¿Por qué el cerebro posee sistemas de recompensa que nos hacen disfrutar de las experiencias ficticias? ¿Por qué en una tarde lluviosa preferimos leer una novela de misterio en vez del manual de reparación del coche, que sin duda nos sería de mucha más utilidad? ¿Y por qué leer una historia o ver una película suscitan en nosotros determinadas respuestas psicológicas y no otras? ¿Por qué reaccionamos emocionalmente pero no físicamente? Aunque la película nos dé miedo, no salimos corriendo del cine. Si estamos asustados, ¿por qué no huimos? ¿Por qué no surge esta reacción inconsciente, como así sería si viésemos una serpiente? No obstante, puede que nos acordemos de la película y nos comportemos en función del recuerdo. Después de ver *Psicosis*, tal vez dejemos la puerta abierta al tomar una ducha. Parece que los seres humanos tenemos un sistema especializado que nos permite acceder a mundos imaginarios.

La maquinaria neural que permite jugar con mundos imaginarios puede estar afectada por un déficit selectivo. Los niños autistas padecen de graves limitaciones de la imaginación, lo cual sugiere que se trata de un subsistema especializado, no de un producto de la inteligencia general, que suele ser normal en el autismo. En los niños, el juego fingido empieza a aparecer en torno a los 18 meses, el mismo momento en que ellos empiezan a comprender que existen otras mentes. ¿Cómo es posible que un niño comprenda que un plátano es algo que puede comerse, pero que también puede ser un teléfono de mentira? Nadie lo coge aparte un día y le dice: «Mira hijo, un plátano es para comer, pero como tiene forma de auricular de teléfono, podemos fingir que... espera un momento, fingir es precisamente lo que quiero explicar, ea, podemos sustituir un plátano por un auricular de teléfono, no es que vaya a funcionar, pero si queremos jugar, ¿entiendes?...». ¿Cómo entiende el niño que algo es de mentira? ¿Cómo sabe lo que es real y lo que no?

## *Distinguir lo real de lo fingido*

Alan Leslie, de la Universidad de Rutgers, sugirió la existencia de un sistema cognitivo especial que distingue lo real de lo fingido: un mecanismo de escisión. Leslie escribió que «el organismo que percibe y piensa precisa, en la medida de lo posible, aprehender correctamente cómo son las cosas. Y sin embargo, el fingimiento se opone a este principio fundamental. En el fingimiento distorsionamos la realidad deliberadamente. Resulta extraño, por consiguiente, que esta capacidad no sea la sobria culminación del desarrollo intelectual sino que, a modo de juego precoz, haga su aparición en el mismo inicio de la infancia».[20] Tooby y Cosmides arguyen que el hecho de que tengamos adaptaciones que nos impiden confundir realidad y ficción, y que parezca haber un sistema de recompensa que nos permite disfrutar con la ficción, da a entender que hay un beneficio en la experiencia ficticia. ¡Buenas noticias para los autores de ficción! ¿Cuál puede ser ese beneficio?

Para andar por el mundo sin problemas, hace falta disponer de información precisa. La supervivencia depende de ello. En general, la gente debería preferir leer no ficción en vez de ficción, pero, en cambio, prefiere ver una película de ficción que un documental; prefiere leer una novela histórica antes que un libro de historia. Sin embargo, cuando de verdad queremos información precisa, recurrimos a una enciclopedia y no a Danielle Steele.

## *Beneficioso para la eficacia biológica*

¿Por qué tenemos esta apetencia por lo imaginario? Para responder a esta pregunta y a la de por qué la evolución nos ha dotado de reacciones estéticas, Tooby y Cosmides nos recuerdan que los cambios beneficiosos para la eficacia biológica pueden darse de tres maneras. Pueden producirse en el mundo exterior, con acciones o apariencias que incrementen las oportunidades de encuentros sexuales (en el sentido de la selección sexual de Miller). Estos cambios incluyen la cooperación (como apunta la teoría de Dissanayake) y otras conductas recíprocas, como la agresión defensiva, la selección de hábitat y la nutrición del hijo. Los cambios adaptativos también pueden darse para que incrementen la eficacia biológica del cuerpo, como sentir placer al comer azúcares y grasas, vomitar para librarse de comida tóxica y dormir. Por último, los cambios beneficiosos para la eficacia biológica en el cerebro incluyen capacidades para jugar y aprender. Y aquí es donde Tooby y Cosmides creen que ha de concentrarse nuestra búsqueda.

> Pensamos que la tarea de organizar el cerebro a lo largo de la vida, tanto en el sentido físico como de procesamiento de la información, es el problema adaptativo más difícil que plantea el desarrollo humano. Construir el cerebro y disponer cada una de sus adaptaciones para que lleve a cabo su función lo mejor posible es, a nuestro juicio, un problema adaptativo muy infravalorado. En nuestra opinión, existe toda una serie de adaptaciones madurativas que se han desarrollado a lo largo de la evolución para resolver estos problemas adaptativos, y la posible existencia de muchas de estas adaptaciones ha sido ignorada en buena parte. Por tanto, además de una estética dirigida al mundo y una estética dirigida al cuerpo, existe también el complejo reino de la estética cerebral.[19]

Las experiencias estéticas, ¿hacen que nuestro cerebro funcione mejor? ¿Dio en el clavo Humphrey? ¿Tenía razón cuando daba a entender que la estética era fundamental para el aprendizaje?

Hemos nacido con un cerebro que tiene instalados un montón de sistemas, pero, a diferencia de los ordenadores, cuantos más programas instalemos en éstos y cuantas más conexiones internas establezcamos, más rápido y mejor funcionarán. Por ejemplo, tenemos sistemas lingüísticos preparados para aprender un lenguaje, pero no hay ningún lenguaje específico codificado en ellos. El *hardware* está ahí, pero el *software* no. Parte de la información necesaria para el desarrollo de la adaptación del lenguaje está económicamente almacenada en el mundo exterior; sólo tenemos que introducirla. Si es posible al-

macenar información fiable en el mundo exterior, el genoma no tiene por qué ser tan complejo. Y esto vale no sólo para el lenguaje sino también para ciertas partes del sistema visual, entre otros. Tooby y Cosmides creen que podríamos tener motivaciones estéticas que han evolucionado para servirnos de sistema de orientación que nos empuje a buscar, detectar y experimentar diferentes aspectos del mundo, que ayudarán a que nuestras adaptaciones alcancen su pleno rendimiento. Cuando lo hacemos, obtenemos como recompensa una sensación de placer.

Con esto presente, los dos investigadores sugieren que una adaptación neurocognitiva puede presentar dos modalidades. Una es la modalidad funcional. En cuanto está lista y en marcha, hace aquello para lo que está diseñada. La modalidad funcional del sistema del lenguaje es hablar. La otra es una modalidad organizativa que construye la adaptación y hace acopio de lo necesario para que la modalidad funcional empiece a funcionar, como cuando un bebé balbucea para desarrollar su sistema de lenguaje. La modalidad organizativa es necesaria para producir la funcional. El famoso ejemplo de ausencia de estimulación de la modalidad organizativa es Victor de Aveyron (*El niño salvaje*, de François Truffaut), el niño que fue descubierto en 1797 viviendo solo en los bosques de Francia. Tres años más tarde, a la edad estimada de 12 años, permitió que le cuidasen otros seres humanos. Sin embargo, nunca fue capaz de aprender a decir más allá de un par de palabras. Actualmente se comprende que, para poder aprender a hablar, es preciso haber estado expuesto al lenguaje a una edad temprana. Parece que existe un periodo crítico en el que hay que estar expuesto a un estímulo determinado. También se han documentado periodos críticos de aprendizaje en pájaros. Una cría de pinzón tiene que oír cantar a un adulto antes de madurar sexualmente; de lo contrario nunca aprenderá bien la complicadísima canción.[21]

Se han identificado periodos críticos en la construcción de otras adaptaciones, como la visión binocular. El periodo crítico para el desarrollo de la visión binocular de un niño se sitúa entre 1 y 3 años.[22] Se supone que la modalidad organizativa de cada adaptación distinta tiene un componente estético distinto. De esta manera, Tooby y Cosmides explican que la conducta guiada estéticamente carece de utilidad adaptativa sólo en apariencia, porque la analizamos desde el punto de vista de los cambios para adaptarse al mundo externo, no al mundo interno de la mente. Vemos que cierta conducta, como la de bailar, no tiene utilidad, pero no vemos en qué afecta al desarrollo del cerebro. «La selección natural, un capataz incansable pero retorcido, nos seduce para que dediquemos nuestro tiempo libre a estas actividades beneficiosas haciendo que sean gratificantes.» Bailar es divertido —es decir, sienta bien—, así que

bailamos. Esto ocurre cuando el precio externo no es demasiado elevado y no estamos enfrascados en la competencia por la comida, el sexo o la necesidad de hallar refugio. Estas circunstancias se dan más a menudo en la infancia.

La conclusión de Tooby y Cosmides incide en un aspecto importantísimo de este análisis: «Las recompensas inmediatas de tales inversiones son mayores en fases tempranas del curso vital, cuando las ocasiones de competir son menores y las adaptaciones están menos desarrolladas, y cabe esperar que el individuo saque provecho de su inversión en un aumento de la organización neurocognitiva durante su vida subsiguiente, que será posiblemente más larga. Por este motivo, queremos que los niños vivan conforme a reglas de conducta inspiradas en una sensibilidad estética, en un mundo impregnado de estética, aunque sus estándares de lo divertido y lo bello sean algo distintos de los nuestros». Es interesante observar que los chimpancés macho, a medida que maduran y empiezan a buscar parejas sexuales y posición social, están menos interesados en pintar.[12] Los costes externos empiezan a ser demasiado grandes.

La respuesta de Tooby y Cosmides al debate sobre si la causa de nuestras distintas capacidades es la naturaleza (innatismo) o la cultura (empirismo), debate que en realidad debería aparcarse, es que tenemos genes que codifican para ciertas adaptaciones (naturaleza), pero si se trata de alcanzar su pleno potencial, es necesario que se den ciertas condiciones exteriores (cultura). «Las ideas (y las motivaciones) innatas son ideas incompletas... Nuestra herencia producto de la evolución es muy rica comparada con una tabla rasa, pero muy pobre en comparación con una persona completamente desarrollada.» Tooby y Cosmides piensan que las artes no son la guinda del pastel, sino la masa con que se hace.

A continuación, Tooby y Cosmides proponen una teoría evolutiva de la belleza, que, como ellos mismos admiten, no aporta gran cosa. «Un ser humano encontrará algo bello porque exhibe rasgos que indican que, en el ambiente en el que han evolucionado los seres humanos, sería ventajoso mantener una atención sensorial sostenida hacia ello, a falta de razones instrumentales para hacerlo. Esto incluye desde miembros del sexo opuesto hasta presas de caza potenciales, pasando por la exhibición por parte de otros de habilidades complicadas... Sin embargo, la clase de entidades bellas es inmensa y heterogénea, sin otro principio unificador que el de que nuestra arquitectura psicológica, fruto de la evolución, está diseñada para impulsar una atención sostenida hacia tales entidades haciendo que la experiencia sea intrínsecamente gratificante». Tooby y Cosmides no creen que exista una prescripción general para la belleza, pero existen varios subconjuntos con principios estrictos que difieren para diferentes aplicaciones, tales como el atractivo sexual o el paisaje.

Un ejemplo que utilizan es el hecho de que muchos fenómenos naturales, como una noche estrellada, un paisaje natural, el golpeteo de la lluvia y el rumor del agua que fluye, se consideran bellos. Cuando nos sentamos en la mecedora en un cálido atardecer, nos acostamos junto al fuego y observamos el cielo del desierto (donde realmente se pueden ver las estrellas), o nos recostamos en nuestra silla mientras contemplamos un frondoso plátano y oímos el murmullo de una fuente en una plaza de Aix-en-Provence, lo que estamos experimentando es el placer (la respuesta emocionalmente positiva) de la atención relajada. Pero ¿por qué es relajada? Según Tooby y Cosmides, porque es un modo organizativo de adaptación, que nos proporciona un programa innato para estos fenómenos invariables. Inconscientemente, sabemos qué aspecto deben tener o cómo deben sonar. Son la modalidad por defecto, amén de estéticamente agradables. Funcionan como patrones con los cuales se comparan las percepciones reales. La escena concuerda con el principio innato del arroyo susurrante o el árbol frondoso. Cuando un estímulo difiere de la modalidad programada por defecto, provoca un aumento de la atención. Fijamos la atención cuando los pájaros dejan de piar y las ranas de croar, cuando las estrellas desaparecen y el susurro se convierte en un rugido.

Entonces, ¿qué tiene que ver todo esto con nuestra atracción hacia las experiencias ficticias? Tooby y Cosmides sugieren que incrementa las oportunidades de que puedan tener lugar experiencias que organizan la adaptación: la cultura se levanta sobre nuestra naturaleza. Un juego de fingimiento, como el escondite, puede desarrollar habilidades que se aprenden mejor en una situación lúdica que cuando su uso es realmente necesario. Resulta beneficioso para la eficacia biológica aprender a esconderse o a huir de un depredador, o acechar y buscar una presa para comérsela, antes de que hacerlo sea realmente necesario para la supervivencia. Recordemos que una de las cosas que guardan correlación con el tamaño cerebral es la cantidad de juego. Explicamos el juego hablando de práctica para la vida real, reducción del estrés y selección sexual, pero no de imaginación. Gracias a la lectura de la historia ficticia de Pedro y el Lobo cuando éramos niños, podemos recordar lo que le sucedió a Pedro y no tenemos que aprenderlo en la dura realidad. Cuantas más historias ficticias oigamos, más serán las circunstancias con las que estaremos familiarizados sin tener que experimentarlas de verdad. Si nos tropezamos con estas mismas circunstancias en la vida, tendremos una buena base de información a la que recurrir. «Lo mismo le sucedió a Sally en aquella película. ¿Qué hizo ella entonces? Ah, sí... eso funcionó muy bien, creo que voy a probarlo.» Es curioso observar que, en toda la literatura mundial, parece haber un número limitado de escenarios, todos relacionados con preocupaciones evolutivas, por ejemplo,

la protección frente a depredadores, la inversión en paternidad, las relaciones apropiadas con parientes y extraños o la selección de pareja, por nombrar sólo unas pocas, que aparecen en todas las obras ficción.[23]

### *Flexibilidad mental*

La capacidad crucial que nos permite usar toda esta información ficticia es el dispositivo de escisión propuesto por Leslie, que separa lo fingido de lo real en nuestro cerebro. Este dispositivo parece ser exclusivamente humano. Tooby y Cosmides comentan que los seres humanos nos distinguimos radicalmente de otras especies en la cantidad de información de veracidad contingente que usamos. Podemos clasificar la información como siempre verdadera, verdadera sólo los jueves, verdadera sólo cuando nos la cuenta una persona cercana, verdadera si se hace antes del invierno, verdadera si estamos hablando de naranjos y no de ciruelos, que solía ser verdadera pero ya no lo es, verdadera en las montañas pero no en el desierto, verdadera de los leones pero no de las gacelas, verdadera cuando Josh está hablando de Sarah pero no de Gabby. Nuestra capacidad de usar información contingente es única. Nuestro cerebro no sólo almacena hechos absolutos sino también información que puede ser verdadera sólo temporalmente, localmente o para un individuo concreto. Y podemos dividir la información en las partes que la componen y mantenerla almacenada y separada de otra. Podemos mezclar y comparar información procedente de momentos, lugares y tipos de estímulo distintos, y hacer inferencias basadas en la fuente. Esto nos permite separar la realidad de la ficción, y también saber que la tienda está abierta todos los días en verano pero no en invierno. Esto nos ha permitido ser muy flexibles y adaptarnos a diferentes entornos.

Joseph Carroll, catedrático de inglés de la Universidad de Missouri interesado en la teoría darwinista, señala lo siguiente:

> Para la mente humana moderna, y sólo para ella de entre todas las otras mentes del reino animal, el mundo no aparece como una serie de estímulos rígidamente definidos que suscitan un repertorio reducido de conductas estereotipadas. Aparece como una serie enorme y desconcertante de percepciones y posibilidades contingentes. La mente humana es libre de organizar los elementos de su percepción en una serie infinitamente diversa de posibilidades combinatorias. Y la mayoría de estas formas de organización potenciales, como la mayoría de las mutaciones profundas, resultarían letales. La libertad es la clave del éxito de los seres humanos, y también es una invitación al desastre. Ésta es la intuición tras la pers-

picaz explicación de E. O. Wilson de la función adaptativa del arte. «No había tiempo suficiente para que la herencia humana se enfrentara a la enormidad de nuevas posibilidades contingentes reveladas por su inteligencia superior... El arte llena el vacío.»[24]

De modo que el arte podría ser útil como forma de aprendizaje. Como sugería Humphrey, nos ayuda a clasificar, incrementa nuestra facultad de predicción y nos ayuda a reaccionar bien en distintas situaciones, y por tanto, como Tooby y Cosmides apuntan, contribuye a la supervivencia.

## ¿Y QUÉ HAY DE LA BELLEZA? ¡PUES QUE ES BIOLOGÍA!

Se puede resumir así: lo que la gente encuentra bello no es algo arbitrario o aleatorio, sino el resultado de millones de años de evolución de las capacidades sensitivas, perceptivas y cognitivas de los homínidos. Las sensaciones y percepciones con valor adaptativo (es decir, que promueven la seguridad, la supervivencia y la reproducción) a menudo se convierten en estéticamente predilectas. ¿Qué pruebas tenemos de ello? Para empezar, recordemos que toda decisión pasa por el módulo acércate/retírate en nuestro cerebro: ¿Es seguro o no lo es? Y estas decisiones se toman rápidamente.

El lector se acordará de que, recurriendo a lo que Jonathan Haidt llama el gustómetro, las personas tienen una reacción instantánea.[25] Por ejemplo, juzgan si una página web les gusta o les disgusta en 0,5 segundos, y cuanto más contundente es su evaluación, más rápido se produce.[26] ¿De qué depende el funcionamiento del gustómetro? En un estímulo visual o auditivo, ¿cuáles son los elementos físicos que hacen que a uno le guste, le disguste o le provoque una respuesta de miedo?

Se sabe más sobre el sistema visual que sobre otros. Parece que de una imagen pueden extraerse ciertos elementos con una rapidez extrema. Se ha demostrado que existe una preferencia por la simetría en todas las culturas,[27, 28] y también en otros animales, como he mencionado anteriormente. Esto también desempeña un papel en la selección de pareja. La simetría está asociada al éxito en el apareamiento o al atractivo sexual en muchas especies, incluidos los seres humanos.[29] Por ejemplo, la simetría está asociada en ambos sexos a una mayor salud genética, física y mental.[30] Los hombres con facciones simétricas tienen mayor atractivo facial[31] y menores índices metabólicos,[32] atraen un mayor número de parejas sexuales, tienen sexo por primera vez a una edad más temprana[33] y practican más copulaciones fuera de la pareja.[34] En las mujeres, la

asimetría está correlacionada con mayores riesgos de salud,[35] mientras que la simetría está asociada a una mayor fertilidad[32,36,37] y a un mayor atractivo facial.[38] Las mujeres en periodo de ovulación se sienten más atraídas por el olor corporal de hombres simétricos, y los hombres simétricos son más musculosos y activos.[39] Las voces tanto de hombres como de mujeres con mayor simetría bilateral son consideradas, por miembros de ambos sexos, más atractivas que las de aquellos con rasgos asimétricos.[40] La simetría parece ser un indicador importante de calidad genética y atractivo para parejas potenciales de ambos sexos. Parece que la preferencia por la simetría tiene sus raíces en la biología y la selección sexual. Reber, Schwarz y Winkielman sugieren que lo que se prefiere no es la simetría por sí misma, sino el hecho de que contiene menos información y es más fácil de procesar.[10]

También parece que, cuando se juzga el atractivo de rostros humanos, la belleza no depende en absoluto del observador. Los rostros considerados atractivos en una cultura lo son también en otras.[41,42] Esto tiene sentido si el atractivo pone de manifiesto características biológicamente pertinentes.

Desde la tierna edad de 6 meses, los bebés prefieren mirar rostros atractivos (según criterios establecidos a partir de las preferencias de adultos). Este efecto es independiente de la raza, el género y la edad; indica que existe un sentido innato de lo que un ser humano percibe como atractivo.[43] Las mujeres con rostros más atractivos, saludables y femeninos tienen mayores niveles de estrógeno y, por tanto, más capacidad reproductora.[44] La selección sexual proporciona un concepto estético de atractivo facial.

Las personas también prefieren los objetos curvos a los angulosos. Los investigadores predijeron correctamente que objetos emocionalmente neutros con predominio de rasgos en punta y ángulos agudos resultarían menos agradables que objetos equivalentes con rasgos curvos (por ejemplo, una guitarra con el contorno angulado comparada con una guitarra con el contorno redondeado). El fundamento de esta predicción era que las transiciones agudas en un contorno transmitirían, de forma consciente o inconsciente, un sentido de amenaza y suscitarían un sesgo negativo.[45] ¿O es porque las curvas se procesan con mayor facilidad?

Los seres humanos hacen juicios estéticos sobre formas con gran facilidad. Richard Latto acuñó el término «primitivo estético» para sugerir que una forma o figura es estéticamente agradable porque se procesa más fácilmente y con mayor efectividad, debido a las propiedades de procesamiento del sistema visual humano.[46] Para hallar datos que lo confirmaran, investigó el fenómeno conocido como efecto oblicuo, que atribuye a Joseph Jastrow, quien lo describió por primera vez en 1892.[47] Los observadores con visión normal perciben,

discriminan y manipulan mejor líneas horizontales y verticales que líneas oblicuas. Latto se preguntó: si las personas las perciben mejor, ¿les gustarán más? Y resulta que es así: Latto descubrió que los seres humanos prefieren las imágenes compuestas de líneas verticales y horizontales a las imágenes con ángulos oblicuos.[48]

Las personas reconocen los objetos más deprisa cuando hay un contraste elevado entre el objeto y su fondo. El contraste facilita la identificación. Cuanto mayor es el contraste, más fácilmente se procesan los objetos. A las personas también les gustan las imágenes con elevado contraste. ¿Se debe a que las procesan más fácilmente o al contraste en sí mismo? Si los estímulos se presentan brevemente, la gente prefiere el contraste elevado, pero si se le concede más tiempo para decidir, la preferencia se debilita. Reber, Schwarz y Winkielman han descubierto que el contraste influye en los juicios estéticos sólo en tiempos de exposición breves. Si a alguien se le da más tiempo para procesar una imagen, la facilidad de procesamiento deja de ser un factor en la decisión;[10] por consiguiente, lo que causó la decisión anterior no fue el factor objetivo del contraste, sino la fluidez de procesamiento.

Al parecer, también tenemos una preferencia innata por los paisajes naturales. Cuando se comparan paisajes urbanos, las personas prefieren los que contienen algo de vegetación.[49, 50] Los pacientes de hospitales con vistas exteriores de árboles se sienten mejor, se recuperan más rápido y requieren menos medicación contra el dolor que los que tienen un muro de ladrillo frente a la ventana.[51] Lo que resulta verdaderamente interesante es que mostramos una preferencia por determinados tipos de paisaje. Las personas siempre prefieren que haya agua, pero cuando esta variable está excluida, se añade otra preferencia. Cuando se les enseñó una serie de fotografías de cinco paisajes naturales (selva tropical, bosque templado caducifolio, bosque de coníferas, sabana y desierto), los sujetos más jóvenes (de 9 y 11 años) escogieron la sabana como paisaje predilecto. Los sujetos mayores también prefirieron aquellos paisajes que les eran más familiares, además de la sabana.[52] A las personas les gustaban más las escenas de árboles que las de objetos inanimados, y además preferían las formas de árboles con las ramas extendidas, semejantes a los que se encuentran en la sabana, a los de copa redonda o en forma de columna. Y esto era así incluso para las personas que habían crecido en zonas donde predominaban los árboles de copa redonda o en forma de columna.[53]

Gordon Orians, catedrático emérito de ecología de la Universidad de Washington, formuló la hipótesis de la sabana. Sugirió que las respuestas estéticas humanas a árboles con formas extendidas están basadas en el conoci-

miento innato (de nuestro hábitat remoto) de las formas de los árboles asociados a los hábitats humanos productivos en nuestros paisajes ancestrales.[54]

¿Qué tienen los paisajes ancestrales que resulta atractivo para el cerebro? ¿Podríamos responder diciendo «fractales»? Los patrones de la naturaleza no son las simples formas que aprendimos en clase de geometría. Los árboles no son triángulos, ni las nubes son rectángulos. Aprendimos a calcular las áreas de cuadrados, círculos y triángulos, y el volumen de cubos, conos y esferas. Aquello era geometría euclidiana, y esto es harina de otro costal. No aprendimos a calcular el área de las ramas de un árbol o el volumen de una nube (afortunadamente). Las formas de la naturaleza son más complejas.

Muchos objetos naturales tienen lo que se conoce como geometría fractal,* que consiste en patrones recurrentes en una magnitud creciente. Las montañas, las nubes, las líneas costeras, los ríos con todos sus afluentes y los árboles con sus ramas, tienen todos ellos una geometría fractal, al igual que nuestro sistema circulatorio y nuestros pulmones. Por ejemplo, podemos ver los haces que salen del nervio de una hoja, el conjunto de los nervios que constituyen la hoja, las hojas que salen de una rama y las ramas que constituyen el árbol. Si alguien nos da una hoja de papel y nos pide que dibujemos un árbol con sus ramas, ¿cómo podríamos describir cuán densas son las ramas que hemos dibujado? Pues bien, existe una unidad de medida de la densidad fractal denominada *D*. La hoja de papel vacía tendría una *D*= 1, y la hoja completamente ennegrecida tendría una *D*= 2. La cantidad de ramas que hemos dibujado en la hoja de papel está en algún punto entre ambas. Cuando se les muestran patrones fractales y no fractales, el 95 % de las personas prefiere los fractales.[55] En general, los seres humanos prefieren escenas con una *D* (densidad fractal) de 1,3 y baja complejidad,[56, 57] y al observarlas presentan una respuesta de estrés menor.[58, 59] Quizá sea ésta la explicación de por qué los pacientes hospitalizados mejoran más deprisa en una «habitación con vistas». Miran al exterior y ven un patrón fractal natural de *D*=1,3. Esta preferencia por paisajes naturales con patrones fractales de D=1,3 se extiende al arte y la fotografía,[60] con independencia del género y la cultura de origen.[61]

* Definición natural (no matemática): Figura geométrica u objeto natural que combina las siguientes características: a) sus partes tienen la misma forma o estructura que el todo, excepto que están a una escala distinta y pueden estar ligeramente deformadas; b) su forma es extremadamente irregular o fragmentada, y permanece así, cualquiera que sea la escala a la que se examina; c) contiene «elementos distintivos» cuyas escalas son diversas y se extienden a lo largo de un amplio abanico. Extraído de *Mandelbrot Set Glossary and Encyclopedia*, Robert P. Munafo, Creative Communications, 1987-2006.

Richard Taylor, un físico de la Universidad de Oregón, se preguntaba si el ojo está estéticamente «sintonizado» con los fractales de nuestro entorno natural.[62] ¿Existe una propiedad del sistema visual que nos hace preferir los fractales de determinadas dimensiones? ¿Cómo los discierne en las escenas complejas? Taylor sabía dos cosas sobre los ojos: una, que al escudriñar una escena el ojo se fija preferentemente en los bordes de los objetos, y la otra que los contornos del borde desempeñan un papel dominante en la percepción de los fractales. Combinando ambos hechos, supuso que la sintonización debía basarse en las siluetas. Su equipo ha descubierto que a la gente le gustan las escenas de horizontes con valores fractales de D=1,3.[63] A juicio de Taylor, esto no significa simplemente que a la gente les gustan las escenas naturales, sino cualquier escena que tenga el valor fractal adecuado. En realidad, la «semejanza templada con diferencia» de Gerard Manley Hopkins tiene un determinado valor *D*. Si esto es así, diseñar objetos y elementos arquitectónicos con este valor fractal los haría más agradables a la psique humana y tal vez daría lugar a paisajes urbanos menos estresantes.

De modo que hay gran cantidad de datos que avalan la existencia de ciertos procesos innatos que influyen en nuestras preferencias y reacciones viscerales. Pero todos sabemos que algunas de nuestras preferencias estéticas cambian al madurar o quizás al estudiar alguna disciplina artística. Antes no nos gustaba la ópera, pero ahora sí nos gusta. El arte asiático no nos gustaba, pero ahora sí. Andy Warhol no nos gustaba, y sigue sin gustarnos. Nuestras preferencias evolucionan con el tiempo. ¿Cuál es la causa de que cambien?

La teoría de la fluidez perceptiva de Reber y sus colegas sugiere que las distintas preferencias que acabamos de describir se deben a que nuestro cerebro ha aprendido a procesar esas cosas más rápidamente, y cuando procesamos algo con rapidez, tenemos una respuesta positiva. Procesamos el fractal *D*=1,3 rápidamente y tenemos una reacción positiva. Reber y su equipo han logrado evaluar este fenómeno: las respuestas emocionales positivas provocan un aumento de la actividad en el cigomático mayor, o músculo de la sonrisa, de nuestra cara. Esta respuesta puede medirse mediante electromiografía. Cuando vemos algo que el cerebro procesa con elevada fluidez, la actividad de este músculo aumenta mucho antes de que emitamos ningún juicio al respecto. Tenemos una pequeña acción de impronta positiva para el juicio que estamos a punto de hacer. Reber y sus colegas demuestran que esta respuesta emocional positiva contribuye por tanto al juicio estético «Sí, está bien, me gusta». Así que la base de nuestro juicio estético no es sólo la fluidez, sino la fluidez combinada con la respuesta positiva que sentimos al procesar algo rápidamente.[10] Esto significa que lo que nos gusta es el procesamiento, no el estímulo. Platón

estaba equivocado, la belleza no es independiente del observador. También explica por qué, si alguien nos dice: «¡Esto no te va a gustar!», antes de que lo procesemos, es posible que este sesgo negativo se imponga al positivo que hubiésemos podido tener por nuestra cuenta.

Nos gustan las cosas que nos resultan familiares. Todos hemos tenido la experiencia de que algo no nos gusta nada la primera vez que lo vemos u oímos, pero va «ganando» con el tiempo. Con el aumento de exposición, aumenta también la fluidez del procesamiento. El gusto por las cosas familiares y el recelo ante las novedades pueden ser adaptativos. Cuando estamos expuestos a lo desconocido, intervienen el aprendizaje, la memoria y la cultura; nos proporcionan datos del pasado sobre aquello a lo que estamos expuestos, forjan nuevas conexiones neurales para acomodar información nueva o aceleran el procesamiento de estímulos recientes. Se trata de otro tipo de fluidez más allá de la perceptiva. Es la fluidez conceptual: el significado de un estímulo. A veces se necesitan estímulos más complejos para transmitir significado. Esto es lo que Donald Norman denominaba belleza en la profundidad, en el significado y en la implicación: «la belleza reflexiva».

## Correlatos neurales de la belleza

¿Qué ocurre en el cerebro cuando ve cosas estéticamente agradables? Hideaki Kawabata y Semir Zeki, del University College de Londres, pidieron a un grupo de estudiantes universitarios sin educación artística específica que observasen trescientas pinturas distintas y que luego las clasificaran en una escala del uno al diez según sus criterios de feo, neutro o bello. Los sujetos escogieron cuadros diferentes, e incluso algunos de los que para uno pertenecían a la categoría de bellos eran incluidos por otro en la categoría de feos. Luego, unos días más tarde, cada estudiante fue escaneado con un aparato de RMF mientras miraba las pinturas que previamente había clasificado como las más bellas, las más feas y las neutras. Al hacer que decidiesen en qué categorías clasificaban las pinturas antes de la sesión de escaneo, Kawabata y Zeki podían saber durante la sesión si a los estudiantes les parecía estéticamente agradable o no la pintura que estaban viendo.

Partían de la base que, dado que la belleza y la fealdad son extremos de un continuo, en vez de que en cada uno de los distintos juicios se activasen áreas distintas del cerebro, era igualmente probable que en todos ellos se activasen las mismas áreas, con diferencias en la intensidad de la activación. Descubrieron que cuando los sujetos observaban las pinturas se activaba la corteza orbi-

tofrontal, de la que se conoce su implicación en la percepción de estímulos agradables, y que se activaba más ante una pintura que el sujeto consideraba bella. También se activaba la corteza motora, que estaba más activa cuando el sujeto observaba una pintura que consideraba fea, y que se activa ante otros estímulos desagradables, como los relacionados con la transgresión de normas sociales, ante estímulos que producen miedo incluidas las voces y las caras aterradoras, y cuando el sujeto siente ira.[6] Esto tiene sentido si recordamos que estamos directamente programados para ser mejores y más rápidos a la hora de evitar peligros, que nuestras emociones clasifican de desagradables o negativos.

Sin embargo, en el experimento de Kawabata y Zeki el juicio estético ya había tenido lugar en el momento de la sesión de escaneo. Parece más probable suponer que lo que averiguaron fue qué áreas se activan una vez está hecho el juicio. Camilo José Cela Conde y su equipo se preguntaron si parte de la corteza prefrontal, el área del cerebro humano más avanzada en sentido evolutivo se activaba en el momento en que se emitía el juicio estético. Estaban interesados en el hecho de que hace unos 35.000 años hubo una gran proliferación de arte, y se preguntaban si tenía algo que ver con cambios en la corteza prefrontal. En su estudio, Cela Conde y su equipo idearon un diseño distinto al de Kawabata y Zeki. Pidieron a unos sujetos que mirasen imágenes de objetos artísticos de distintos estilos y fotografías de diferentes paisajes tanto naturales como urbanos, y les escanearon el cerebro mientras lo estaban haciendo. Si los sujetos consideraban que la imagen era bella, tenían que levantar el dedo. Puesto que el experimento estaba diseñado así, a la vez que miraban las imágenes los sujetos estaban decidiendo cuáles consideraban bellas, y decidiéndolo mientras eran escaneados.

Al observar qué áreas del cerebro se empleaban durante un periodo de tiempo, Cela Conde y sus colegas podían rastrear las aferencias desde el sistema visual, y observar adónde se dirigían. Sofisticado, ¿verdad? Consiguieron confirmar lo que otros habían descubierto sobre el sistema visual: que en efecto hay estadios distintos en el procesamiento de formas, y que se activan áreas de la corteza prefrontal que no pertenecen al sistema visual. Se sabe que la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) es crucial para el control de lo que ocurre en la memoria de trabajo y que, junto con la corteza cingulada, se activa en la toma de decisiones. En este caso, la corteza cingulada estaba activa en la decisión sobre si algo es bello o no, pero la CPFDL lo estaba sólo cuando la decisión era «bello». También descubrieron que cuando algo es considerado bello, hay más actividad en el hemisferio izquierdo. Esta activación de la corteza prefrontal cuando decidimos que algo es bello confirma la hipótesis de

que un cambio en la corteza prefrontal permitió la explosión artística en el *Homo sapiens* anatómicamente moderno, y en un grado limitado en los neandertales.

Cela Conde y su equipo también sugirieron que, dado que en los juicios estéticos el hemisferio izquierdo está más activo, la preponderancia cerebral podía desempeñar un papel.[3]

Parece que, cuando apreciamos que algo es bello, tenemos algo más que una reacción emocional. Están implicadas otras partes de nuestro cerebro, partes que están más evolucionadas en nosotros que en otras especies. Deberíamos estar contentos de que nuestros perros no tengan el mismo sentido estético. Si se vieran influidos por la belleza, tal vez no sentirían ese supuesto amor incondicional por nosotros. Quizá tendríamos que cambiarnos los pantalones de estar por casa, ir a la peluquería o ponernos maquillaje para que menearan la cola. Quizá deberíamos ponernos a dieta.

## ¿QUÉ HAY DE LA MÚSICA?

Marc Hauser, de Harvard, y Josh McDermott, del MIT, entre muchos otros, consideran la música una conducta exclusivamente humana.[64] Sólo los seres humanos componen música, aprenden a tocar instrumentos musicales y luego actúan en conjuntos, bandas y orquestas (habitualmente) cooperativos. Ninguno de los otros grandes simios es capaz de crear música o de cantar. Es una lástima, podrían haber hecho un musical de *Greystoke: la leyenda de Tarzán*. Esto significa que nuestro antepasado común no cantaba.

¿Y qué hay del canto de los pájaros? Realmente nos suena a música. Pero Hauser y McDermott afirman que esto es harina de otro costal. Los pájaros sólo cantan en determinados contextos: para aparearse y para defender su territorio. El canto lo realizan principalmente los machos, y su única función es la comunicación. Esto parece aplicarse también al canto de las ballenas. No se hace por puro placer. Al parecer, los pájaros no cantan en la ducha. Ni tampoco cambian sus escalas o la clave en la que cantan. En el mundo de los pájaros no hay cuartetos de voz que píen en armonía. Vemos un reyezuelo; oímos su canto descendente. Un reyezuelo no cambia de repente su canción de clave de *do* a *la menor* ni añade un poco de ritmo de samba al final.

Los pájaros cantores son un poco más variados. Algunas especies de pájaros cantores pueden imitar y aprender los cantos de otras especies y mezclar partes de una canción con partes de otra, aunque prefieren el canto de su propia especie.[65] Sin embargo, las distintas especies de pájaros tienen diversas li-

mitaciones, y no existe ninguna especie que mantenga durante toda su vida la misma capacidad para adquirir nuevos cantos. Hay periodos críticos en los que pueden aprender cantos con mayor facilidad.

Resulta interesante tener en cuenta, sin embargo, que al igual que el sistema auditivo de un pájaro impone limitaciones a lo que puede cantar y cuándo puede hacerlo, y en cuándo y cómo puede aprender sus cantos y recordarlos, también nosotros estamos limitados por nuestro sistema auditivo respecto a qué consideramos música agradable, y a cuándo y cómo podemos aprender a tocarla y recordarla (y podríamos compartir algunas de estas restricciones con otros animales). Los estudios comparativos de estas limitaciones están sólo en sus inicios.

No obstante, en nuestro cerebro ocurre algo único que, por así decirlo, ha marcado el ritmo. Podemos componer música nueva, tocarla y escucharla no sólo para atraer a las chicas, para pagar las facturas o impresionar a los amigos. Podemos apreciar el tono y la melodía de una canción cuando estamos solos, por el mero placer de hacerlo. Al inventar e interpretar música empleamos toda nuestra maquinaria cognitiva, como sabe cualquiera que haya aprendido a tocar un instrumento. No es tarea fácil. La percepción, el aprendizaje y la memoria, la atención, la actividad motora, la emoción, la abstracción, la teoría de la mente... hay que poner en juego todas estas capacidades. La música es otro de esos universales humanos.[66,67,68] Todas las culturas del presente y del pasado tienen alguna forma de música. A la gente le va la marcha. El instrumento musical tal vez más antiguo que se ha encontrado es un fragmento de flauta de hueso, hecha con el fémur del hoy extinto oso europeo. Fue desenterrada en 1995 por el paleontólogo Ivan Turk, en un túmulo neandertal en Divje Babe, Eslovenia. Hay controversia en torno a si es realmente una flauta. Se ha determinado que tiene alrededor de 50.000 años de antigüedad. Con toda probabilidad, existían tambores más antiguos, hechos con materiales que no se han conservado.[69] Con gran consternación de los que atribuyen el octavo tonal a la música occidental relativamente reciente, en Jiahu, China, se han descubierto flautas de 9.000 años de antigüedad que todavía suenan. Con estas flautas pueden tocarse escalas tonales, entre ellas la de una octava.[70]

## Todos somos músicos

Las teorías de la música como adaptación proponen explicaciones similares a las que hemos oído en relación con el arte. Hace unos años, Steven Pinker levantó ampollas como sólo él sabe hacer, cuando escribió, según sospechaba,

que la música no era más que pornografía auditiva, y que quizá no tenía ningún valor adaptativo sino que había que considerarla un subproducto de otras funciones.[2] ¿Pornografía? Muchos rechazan esta conclusión y piensan que la música desempeña una función adaptativa. Tal vez, al igual que el resto de las artes, ha sido seleccionada sexualmente para atraer a las parejas (el efecto Mick Jagger, cuyo carácter adaptativo se puede razonar fácilmente) y para señalar que uno es un buen partido, como sostiene Geoffrey Miller, el valedor de la teoría de la selección sexual.[18] O quizá tuvo un papel como sistema reforzador del vínculo social, de modo muy parecido al lenguaje, acaso preparando al grupo para actuar al unísono al sincronizar el estado de ánimo de sus miembros, uniendo así los grupos y coaliciones.[69, 71] Pero si esto fuese así, ¿por qué hacer música cuando se está solo? La investigación sobre este tema está en mantillas, y no hay un consenso amplio en relación con ningún concepto.

De nuevo, Darwin tiene algo que decir al respecto. Sospechaba que al principio la música tuvo valor adaptativo como forma de comunicación, un protolenguaje, que posteriormente fue reemplazada por el lenguaje. Si esto fuese verdad, hoy la música sería el «fósil» de una antigua adaptación. Siguiendo el razonamiento de Darwin, el lingüista Tecumseh Fitch, de la Universidad de St. Andrews, en Escocia, sugiere que ello supondría clasificar la música en la sutil categoría de antigua adaptación cuyo dominio cognitivo tiene una base biológica, y que actualmente no cumple la función para la que fue seleccionada evolutivamente, pero tampoco una función del todo distinta.[72]

El habla comparte muchas características con la música y también con las vocalizaciones de los primates, como el tono, el timbre, el ritmo y los cambios en el volumen y la frecuencia sonora. Detectamos bastante bien todas estas cosas, incluso sin instrucción musical. Aunque pienses que no tienes ni idea de estos aspectos de la música, cuando alguien te pide que interpretes tu canción favorita, lo haces bastante bien. De hecho, cuando Dan Levitin, antiguo productor de música de *rock and roll* convertido en neurocientífico y hoy catedrático de la Universidad McGill, pidió a un grupo de estudiantes que interpretaran su canción favorita, éstos reprodujeron con facilidad el tono y el compás de las canciones.[73, 74] Si toco una nota con un piano y luego la misma nota con un violín, podrás distinguir una de otra. Esto significa que puedes reconocer el timbre de la nota. De hecho, aprendiste todas estas cosas cuando eras un bebé.

Sandra Trehub, que estudia los orígenes del desarrollo de la música en los niños en la Universidad de Toronto, resume los hallazgos en torno al hecho de que los bebés de como mínimo 6 meses tienen capacidad para identificar el tono relativo: pueden reconocer una melodía aunque esté interpretada en una

clave distinta.[75] La única vez que cualquier otro mamífero ha demostrado tener esta capacidad fue en un experimento realizado con sólo dos monos resus.[76] Pero no lo hacían tan bien como los bebés: podían determinar que ciertas melodías tocadas una octava más arriba o abajo eran las mismas, pero no cuando estaban interpretadas en una clave distinta o en una escala atonal. Los bebés también pueden reconocer melodías tocadas en compases distintos. Esto no es porque no aprecien las diferencias; son unos verdaderos expertos. Pueden discriminar los semitonos en una escala, los cambios en el timbre, en el compás, en el metro, en la agrupación de notas y también en la duración. Son capaces de distinguir la consonancia de la disonancia a partir de los 2 meses, y prefieren la música consonante y armónica a la música disonante.* Estas capacidades no parecen ser engendradas por la cultura, pero esto resulta difícil de demostrar. Son poco comunes los bebés que nunca han oído ninguna forma musical. Incluso los fetos responden a la música con cambios en el ritmo cardíaco.[77]

La música se ha revelado como un tema de investigación complejo, debido a todos esos componentes que ya he mencionado: tono, timbre, metro, ritmo, armonía, melodía, volumen y compás. Son partes de la sintaxis musical y también de la sintaxis verbal.

¿Has intentado alguna vez hablar una lengua extranjera? Tratando de dar conversación a un conductor de autobús en Italia en un día de lluvia, le pregunté: «Dov'e il sole?», una frase corta y simple. Me miró con semblante atónito. Yo pensé: *Sé* que éstas son las palabras correctas. Debe de estar fingiendo no reconocerlas. Pero entonces pensé en todas las ocasiones en que alguien me ha dicho algo en inglés con acento extranjero y no le he entendido. Las palabras eran las correctas, pero fueron pronunciadas con el acento en la sílaba equivocada, o el énfasis en la palabra equivocada, o las sílabas estaban agrupadas en palabras de la manera equivocada. Me di cuenta de que había pronunciado *sole* con acento en la segunda sílaba, como si estuviese diciendo *soleil* en francés, en vez de en la primera. Piensa en la frase: «El domingo fue un día bonito para navegar», pero pronúnciala como si estuviese escrita así: «El do mingo, fueun díabo ni topa ranave gar». Tu interlocutor también te mirará atónito. La prosodia son las señales musicales del lenguaje: melodía, metro, ritmo y timbre. La prosodia ayuda a delinear los límites de las palabras y las frases. Algunas lenguas son muy melódicas, como el italiano. Otras, como el chino, son tonales, lo que significa

* Los investigadores sugieren que los bebés podrían tener estas preferencias incluso desde antes, pero no han sido capaces de idear un modo de detectarlas a una edad más temprana.

que la misma palabra quiere decir cosas distintas sólo con cambiar el tono. Según algunos investigadores, el cerebro, al menos a una edad temprana, procesa el lenguaje como un caso especial de música.[78]

Se sabe que la música puede expresar emociones, al igual que algunos gritos animales. Además de emociones, sin embargo, la música puede expresar otros significados.[79] Hay un sistema para medir con un EEG cómo el cerebro reconoce lo semánticamente similares que son las palabras. Del mismo modo que cuando a un sujeto se le presenta una frase como «El cielo es azul» y luego identifica la palabra «color» como más relacionada con la frase que la palabra «cartelera», tras oír cierto pasaje musical podemos identificar que determinadas palabras están más relacionadas semánticamente con la música que otras. Por ejemplo, tras oír notas musicales que suenan como un trueno, identificaremos la palabra «trueno» como más relacionada con la música que la palabra «lápiz». De hecho, cuando a alguien se le presentan las palabras relacionadas con lo que el mismo compositor reconoce que estaba intentando transmitir con su música, como zurcido (de coser), el oyente las identifica como relacionadas con la música que acaba de oír. Muchos sonidos musicales son reconocidos universalmente como asociados a determinados significados. Como el lenguaje, la música tiene estructura oracional y recursión. Podemos componer una variedad sin fin de frases musicales combinando distintas notas y grupos de notas. Del mismo modo que podemos combinar fácilmente proposiciones en un número infinito de oraciones con significado, los seres humanos somos capaces de estructurar y procesar múltiples frases musicales. Parece que somos los únicos animales con capacidad para hacer esto de manera tanto verbal como musical.[80]

La música y el lenguaje también tienen en común algunas áreas neurales. Dan Levitin, trabajando con Vinod Menon en Stanford, ha descubierto dos regiones del lóbulo frontal* estrechamente vinculadas al procesamiento del lenguaje y que están igualmente activas al escuchar música clásica instrumental. A juicio de ambos científicos, esta área está implicada en el procesamiento de estímulos que evolucionan con el tiempo, no sólo palabras sino también notas musicales.[81] Otros investigadores han descubierto que, cuando oímos un acorde que no es «correcto», algo que nuestro cerebro no espera oír, se activa un área de nuestra corteza frontal derecha,** además de su contrapartida en la

* La región conocida como *pars orbitalis* (área 47 de Brodmann), en la corteza frontal inferior izquierda, y su contrapartida en el hemisferio derecho.

** El área 44 de Brodmann, la corteza lateral inferior.

corteza frontal izquierda, que se considera parte del sistema de lenguaje.*[82,83] Esta última área del hemisferio izquierdo también se activa cuando oímos una frase cuya estructura es incorrecta, como «Perro parque paseaba el por». Estas áreas parecen ser sensibles a infracciones en la estructura esperada, y en el hemisferio izquierdo se solapan el procesamiento de la música y el del lenguaje.

Al igual que nos gusta escuchar una buena historia o contemplar el cielo estrellado, también hacemos música porque nos gusta escucharla. ¿Y qué es lo que nos gusta escuchar? Como he mencionado antes, nos gusta la consonancia y, aunque lo que voy a decir tal vez suene a desvarío, también en la música hay un asunto de fractales implicado. El sonido a escala es un tipo de sonido cuya cualidad no resulta afectada por lo rápido que se produzca. El sonido blanco es el ejemplo más simple. Es igualmente monótono con independencia de la velocidad de reproducción. Está en un extremo del espectro del sonido a escala; se compone de frecuencias totalmente aleatorias. En el otro extremo está el sonido completamente predecible, como el de un grifo que gotea. Entre ambos está el sonido con lo que se conoce como espectro 1/f; es parcialmente aleatorio y parcialmente predecible. Las fluctuaciones de amplitud y tono de los sonidos naturales, tales como el murmullo de un río, la lluvia y el viento, a menudo presentan un espectro 1/f.[84,85] En otras palabras, en la naturaleza los grandes y bruscos cambios de tono o volumen son menos frecuentes que las fluctuaciones suaves y graduales. La mayor parte de la música se mueve en el mismo margen del espectro 1/f.[84] Es más, los oyentes humanos aseguran preferir melodías en el espectro 1/f a melodías con cambios de tono y volumen más rápidos o más lentos. Muchas neuronas de la corteza auditiva están sintonizadas con las propiedades dinámicas del entorno acústico natural,[86] lo cual explica por qué los estímulos con una amplitud de espectro similar a la natural se procesan muchísimo mejor que otros.[87] Volviendo a nuestra querida teoría de la fluidez de procesamiento: los procesamos más fácilmente y entonces terminan por gustarnos. Resulta harto interesante que tanto el sistema auditivo como el sistema visual tengan esta preferencia congénita por los paisajes y sonidos naturales. Es interesante también que una de las definiciones de diccionario de arte sea el esfuerzo humano por imitar a la naturaleza.

De modo que estamos escuchando algo de música y nos pone de buen humor. Por lo menos la de los Rolling Stones. Pero a veces también nos pone tristes. ¿Y qué hay de la música de la película *Tiburón*? Ésta nos pone en tensión. La música realmente puede suscitar emociones.[88] De hecho, puede emo-

* El área de Broca y las regiones temporales posteriores.

cionarnos hasta el punto de provocarnos una reacción fisiológica, como un escalofrío en la columna y cambios en el ritmo cardíaco.[89] Y, lo que aún resulta más interesante, podemos bloquear esta reacción mediante una inyección de un fármaco llamado nalaxona,[90] que impide la unión de los receptores opiáceos. Está sobradamente demostrado que, cuando escuchamos la música que nos gusta, el cuerpo libera sus propios opiáceos, produciendo un efecto natural de euforia. La nalaxona, el mismo fármaco que se suministra a alguien que ha tomado una sobredosis de heroína y ha conseguido llegar a tiempo a urgencias, también bloquea la unión de los opiáceos naturales que produce nuestro cuerpo. Las primeras pistas sobre lo que ocurre en el cerebro surgieron de los escáneres realizados a músicos[91] mientras escuchaban la música que les producía «escalofríos de placer». Se descubrió que se activaban las mismas estructuras cerebrales* que están activas en respuesta a otras actividades que inducen euforia, como comer (grasas y azúcares), practicar el sexo y consumir las denominadas «drogas recreativas».

Menon y Levitin consiguieron realizar escáneres más específicos a personas sin formación musical y descubrieron que se activaba el hipotálamo (que modula el ritmo cardíaco, la respiración y los escalofríos), al igual que las áreas neurales específicas que son cruciales para el procesamiento de las recompensas. También hallaron pruebas de una correlación entre la secreción de dopamina y la respuesta ante música agradable. Es un descubrimiento importante. Se sabe que la dopamina regula la transmisión de opiáceos, y se supone que los altos índices de esta sustancia causan afectos positivos.[92] Esta secreción de dopamina también se produce cuando uno bebe agua y come, y está asimismo tras el efecto reforzador de las drogas adictivas. ¿La música tiene efectos gratificantes porque es también un estímulo vinculado a la supervivencia? ¿O es sólo pornografía auditiva, una droga recreativa más? Todavía no se conoce la respuesta a estas preguntas, pero una cosa es segura: al igual que algunos estímulos visuales, la música aumenta los afectos positivos.

Aumentar los afectos positivos es bueno, sea a través de una experiencia auditiva, visual o de cualquier otra modalidad sensorial. Estar de buen humor incrementa la flexibilidad cognitiva y aumenta la creatividad para resolver problemas en muchos escenarios distintos. Se ha demostrado que aumenta también la fluidez verbal. Las personas con afectos positivos permiten ampliar las categorías grupales, al encontrar más semejanzas entre objetos, personas o gru-

* Estas estructuras incluyen el estriado ventral, el mesencéfalo, la amígdala, la corteza orbitofrontal y la corteza prefrontal ventral medial.

pos sociales, haciendo posible que un exogrupo esté incluido dentro de un endogrupo común más amplio: «Bueno, ya sé que es de los Lakers pero, ¡por lo menos le gusta pescar!». Esto se traduce en una reducción de los conflictos. Tener afectos positivos hace que las tareas resulten más ricas e interesantes. Las tareas interesantes hacen que el trabajo sea más gratificante, e inducen a las personas a encontrar soluciones más creativas a sus problemas. El buen humor nos anima a buscar la variedad en los pasatiempos, incrementando nuestra inventiva en las citas. Nos convierte en personas más amables y menos rígidas, a quienes se agradece su presencia. Esto ya tendría en sí mismo un potencial adaptativo.

## *¿Afecta la música nuestra capacidad de pensar?*

Las capacidades espaciales se emplean para crear, pensar en algo, recordar y cambiar las imágenes visuales en nuestra mente. Por ejemplo, al mirar un mapa de dos dimensiones y ser capaz de visualizar su información en tres dimensiones para no perdernos en una ciudad, empleamos nuestra capacidad espacial. Hace pocos años, se sugirió que escuchar determinada música clásica podía aumentar nuestras capacidades espaciales.[93] Se denominó el efecto Mozart. Sin embargo, esto resultó difícil de demostrar, y estudios posteriores revelaron que no era escuchar música clásica o Mozart por sí mismo lo que te hace más listo, sino que más bien escuchar la música que prefieres te pone de buen humor. Cuando estás de buen humor estás excitado, y ello te permite mejorar tu rendimiento en diversos test de inteligencia. Los estímulos excitatorios no se limitan a la música. Podemos excitarnos con otros estímulos favoritos, como chuparnos un dedo untado de Nutella o beber una taza de café.[94]

Por otra parte, escuchar música y tomar realmente lecciones de música son dos cosas distintas en lo que se refiere a sus efectos en el cerebro. Glenn Schellenberg, de la Universidad de Toronto, ha descubierto, en niños de 6 años divididos aleatoriamente en cuatro grupos que recibieron, respectivamente, lecciones de piano, de canto, de arte dramático y ningún tipo de lección en absoluto, que las clases de música en la infancia están asociadas a pequeños pero duraderos aumentos del cociente intelectual. (También descubrió, por casualidad, que las lecciones de arte dramático aumentan la sociabilidad, pero no el cociente intelectual.) Este aumento no se debía a los ingresos familiares ni a la educación de los padres, ni se observó con otros tipos de estudios extracurriculares. Aprender música te vuelve un poco más listo. Como es lógico,

estos hallazgos han suscitado mucho interés. Resulta difícil encontrar pruebas de que la instrucción en un campo puede generalizarse a otros campos.

En una revisión detallada del efecto de transferencia, la capacidad de transferir conocimiento adquirido en un contexto a otro contexto muy similar (transferencia cercana) o a un contexto muy distinto (transferencia lejana), Steve Ceci y sus colegas[95] examinaron los estudios realizados a lo largo de un siglo sobre la transferencia lejana y encontraron pocos datos que avalasen su existencia real. Aunque dispongamos de pocos datos que prueben que existe, la creencia en la transferencia lejana está muy extendida, y constituye un aspecto central de los conceptos de educación hegemónicos en Occidente. Schellenberg señala que los objetivos de la educación formal no son sólo fomentar las aptitudes de lectura, escritura y aritmética, sino desarrollar la capacidad de razonamiento y pensamiento crítico. Los resultados de su estudio, según los cuales las lecciones de música aumentan el cociente intelectual, son un raro ejemplo de transferencia lejana y podrían hacer una importante contribución a este desarrollo.[96] ¿Deberíamos introducir de nuevo las lecciones de música y de canto en los programas escolares en vez de eliminarlas de los presupuestos? ¿Sabemos qué efecto tiene realmente en el cerebro la instrucción musical? Sabemos algo, pero no exactamente por qué la instrucción musical aumenta el cociente intelectual.

Sabemos que los músicos usan muchas capacidades a la vez. Miran las notas que están escritas y las traducen a una actividad motora especial que tiene un determinado ritmo. Esto conlleva usar ambas manos y, en ciertos casos, las piernas y los pies, la boca y los pulmones. Los músicos usan la entonación y la cadencia para expresar emoción, transponen música en claves diferentes, y pueden improvisar melodías y armonías. Los pasajes largos requieren memoria. Los músicos a menudo cantan y tocan a la vez. Ciertas regiones cerebrales son mayores en los músicos que en los que carecen de formación musical. No se sabe si esto se debe al aprendizaje de un instrumento o si los niños que deciden aprender a tocar uno ya presentan diferencias neurales desde el principio, pero según muchos datos estos cambios se deben al aprendizaje. También hay mayores diferencias en el tamaño de ciertas regiones cerebrales en aquellos que empiezan la instrucción musical a una edad temprana. Por ejemplo, los intérpretes de violín tienen más grande la región correspondiente a los dedos de la mano izquierda; el efecto es menor para el pulgar, que no se usa en la misma medida, y el incremento general es más grande en los violinistas que empezaron a aprender a una edad más temprana.[97] También hay diferencias de tamaño equivalentes que guardan correlación con la intensidad de la instrucción musical a lo largo de la vida. Los músicos profesionales (intérpretes de piano)

tienen mayor volumen de sustancia gris en las regiones cerebrales motoras, auditivas y visuoespaciales, en comparación con los músicos aficionados y con los legos.[98] Estos y otros estudios similares sugieren que la instrucción music l puede aumentar el tamaño de ciertas estructuras neurales. También hay indicios de que, además de aumentar el cociente intelectual, la instrucción musical mejora la memoria verbal (serás capaz de recordar mejor los chistes), la aptitud motora (serás mejor bailarín), las habilidades visuoespaciales (serás mejor haciendo malabarismos), la capacidad de copiar figuras geométricas y, posiblemente, la habilidad matemática.

El equipo de Helen J. Neville, de la Universidad de Oregon, está actualmente investigando la vieja cuestión del huevo o la gallina: ¿Es la música la que causa mejoras en la cognición, o es más probable que sean las personas con mayores capacidades cognitivas las que hagan el esfuerzo de aprender música? Aprender música requiere atención focalizada, pensamiento abstracto y relacional, y lo que se conoce como control ejecutivo en el cerebro. Los chicos que estudian música, ¿ya tienen estas capacidades, o éstas son fruto del aprendizaje?

Neville y sus colegas están estudiando grupos de niños de entre 3 y 5 años reclutados a través del programa Head Start.* Sus resultados preliminares son que los niños de cada uno de los grupos musicales/artísticos presentaron mayores logros en lenguaje y habilidades preliterarias que los del grupo regular de aprendizaje precoz. Los niños que recibieron instrucción musical/artística también presentaban logros significativos en atención, destrezas visuoespaciales y aritmética básica. Los niños sometidos a una intervención ligada a la capacidad de atención exhibieron un patrón similar. Si se confirman estos resultados, deduciremos que la instrucción en música y arte mejora el lenguaje, la atención, las habilidades visuoespaciales y la aritmética.[99]

También es importante mejorar la atención. Un aspecto de ésta, la atención ejecutiva, tiene que ver con los mecanismos de autorregulación de la cognición y la emoción, tales como la concentración y el control de los impulsos. Ser capaz de controlar los impulsos emocionales puede salvarte la vida en una situación de pánico.** El funcionamiento de estos mecanismos está en parte bajo control genético, pero Michael Posner y sus colegas de la Universidad de Oregón se preguntaron si los entornos de la escuela y el hogar también podían

* Programa social, subvencionado por el gobierno federal estadounidense, destinado a proporcionar ayudas para la educación y el desarrollo de niños en edad preescolar de familias sin recursos. *(N. del t.)*

** Para leer algo divertido, véase Laurence Gonzales, *Deep Survival*, Nueva York, W.W. Norton, 2003.

ejercer una influencia, como lo hacen en otros sistemas cognitivos. Estos investigadores han descubierto que los niños de edades comprendidas entre los 4 y 6 años que participaron en tareas de entrenamiento de la atención mejoraron su control emocional.[100] Esta mejora fue equivalente a la conseguida a lo largo del desarrollo. Sugieren asimismo que es posible entrenar el sistema inmaduro para que funcione de modo más maduro y sostienen que el efecto del entrenamiento de la atención se extiende a capacidades más generales, como las medidas por los test de inteligencia.*

Actualmente, un equipo de investigadores de Boston está llevando a cabo un estudio a largo plazo con otro problema del huevo o la gallina, el del tamaño cerebral.[101] Los niños que deciden recibir instrucción musical (instrumentos de cuerda o piano), ¿presentarán diferencias neurales anteriores a la instrucción en comparación con un grupo control de niños que no están interesados en las lecciones musicales? También están investigando si los estudiantes de música tienen mayores capacidades visuoespaciales, verbales o motoras. El tercer objetivo es comprobar si los resultados de un test que mide la percepción musical antes de la instrucción están correlacionados con alguno de los resultados cognitivos, motores o neurales asociados a la instrucción musical. Su exploración inicial demostró que no había ninguna diferencia en los grupos de niños antes de empezar la instrucción. Tras los primeros catorce meses del estudio, los resultados preliminares en niños de entre 5 y 7 años sugieren que se observan efectos cognitivos y cerebrales derivados de la instrucción en música instrumental. Hasta el momento, estos efectos son pequeños y se sitúan en áreas que controlan las habilidades motoras sutiles y de discriminación melódica.[102]

Otro investigador, John Jonides, de la Universidad de Michigan, ha estado examinando a músicos para comprobar si tienen más memoria. Parece que sí, tanto memoria a largo plazo como memoria a corto plazo, y tanto en test visuales como verbales. Actualmente, los investigadores están tratando de comprobar si existe una relación estrecha entre instrucción musical, habilidades musicales y memoria.[103]

Durante años, mucha gente ha creído que los músicos tenían habilidades matemáticas de nivel superior. No me cabe duda alguna de que, si preguntáse-

* El control esforzado es una cualidad muy hereditaria asociada al gen DAT1. Existe una forma corta y una forma larga del gen DAT1. En este estudio, los investigadores también descubrieron que los niños que poseían dos copias de la forma larga tenían más control esforzado y menos dificultad para resolver conflictos, y eran menos extrovertidos. Los niños que tenían tanto la forma corta como la larga experimentaron con el entrenamiento grandes mejoras en su atención, lo cual sugiere que el entrenamiento selectivo puede resultar beneficioso.

mos a la gente por la calle qué ventajas cognitivas proporciona interpretar música, ésta sería una respuesta común. Sin embargo, los datos que avalan esta conclusión son endebles. Elizabeth Spelke está en plena investigación sobre la relación entre habilidades matemáticas e instrucción musical en varios grupos de edad diferentes. Spelke parte de cuatro grupos de edad: de 5 a 10 años, de 8 a 13, de 13 a 18 y adultos. Los resultados preliminares del grupo de edades comprendidas entre los 8 y los 13 años indican una ventaja significativa en representación geométrica por parte de los niños con instrucción musical; otros resultados están pendientes de confirmación.

## Conclusión

Parece que Tooby y Cosmides tienen razón cuando sugieren que los niños deberían sumergirse en un entorno estéticamente agradable. Pero los niños no son los únicos que ganarían con ello. Si estamos sentados en la ladera de una montaña o recorriendo el Sena en su paso por los Alpes, contemplando un Bonnard o nuestra propia obra más reciente, escuchando a Beethoven o a Neil Young; presenciando *El lago de los cisnes* o enseñando a los niños cómo se baila el tango, leyendo a Dickens o contando un cuento corto de nuestra invención, el arte puede hacernos sonreír. Puede que estemos sonriendo porque nuestro vanidoso cerebro está satisfecho consigo mismo, porque está procesando un estímulo con fluidez, pero no es necesario que se lo digamos al artista. Los beneficios de los afectos positivos para el individuo y la sociedad dan a entender que el mundo es un lugar más feliz si es bello. Creo que los franceses se dieron cuenta de esto hace ya bastante tiempo.

La creación artística es nueva en el mundo animal. Actualmente estamos descubriendo que esta contribución exclusivamente humana está sólidamente basada en nuestra biología. Compartimos algunas capacidades de procesamiento perceptivo con otros animales, y por tanto puede que incluso compartamos con ellos lo que denominamos «preferencias estéticas». Pero en el cerebro humano ocurre algo más, algo que, como sugiere Alan Leslie, nos ha permitido dedicarnos a la simulación, cierto cambio en la conectividad que nos ha llevado a escindir lo real y lo imaginario y, como sugieren Tooby y Cosmides, usar información contingente. Esta capacidad única ha hecho que seamos muy flexibles y adaptables a diferentes entornos, rompiendo los rígidos patrones de conducta a los que otros animales están sujetos. Nuestra capacidad imaginativa hizo que uno de nosotros, hace miles de años, mirase la pared de una cueva vacía en Francia y decidiese decorarla con un pequeño fresco, que

otro explicase la historia de la odisea de Ulises, que otro contemplase un pedazo de mármol y viese el *David* atrapado en su interior, y que otro contemplase una franja de costa frente a la bahía e imaginase el Opera House de Sydney. Desconocemos lo que causó este cambio en la conectividad. ¿Fue debido a un cambio en la corteza prefrontal como resultado de cierta pequeña mutación genética, o se trató de un proceso más gradual? Nadie lo sabe. ¿Contribuyó a ello la creciente especialización lateral de las funciones cerebrales que abordaremos en el capítulo 8? Puede ser.

Capítulo 7

# TODOS NOS COMPORTAMOS COMO DUALISTAS: LA FUNCIÓN DE LA CONVERSIÓN

*Los procesos más centrales del cerebro, con los que la conciencia está presumiblemente asociada, nos son simplemente incomprensibles. Están más allá del alcance de nuestra comprensión, hasta el punto de que nadie que yo sepa ha sido capaz de imaginar su naturaleza.*

ROGER W. SPERRY, citado por Denis Brian en *Genius Talk: Conversations with Nobel Scientists and Other Luminaries*

En los anuncios de particulares en la sección de contactos del periódico, cuando las personas se describen a sí mismas o al tipo de persona que están buscando, suelen empezar con una rápida descripción física, como «alto, ojos oscuros, moreno, delgado, atlético», pero a continuación se lanzan y añaden «varón activo, inteligente, con sentido del humor y buen carácter busca mujer divertida, elegante, inteligente, sensible» o algo por el estilo. Estas descripciones no resultan extrañas. Resultaría extraño que no hubiera una descripción de la personalidad o el carácter de ninguno de los dos, sino que prosiguiera la descripción física: «Tengo un 5 % más de sustancia gris que la media, y mi planum temporal izquierdo es más grande que el de la mayoría. He pasado años desarrollando la conectividad interna de mi cerebro, hasta el punto de que en mi último escáner los radiógrafos se quedaron pasmados. Estoy buscando a alguien que tenga bien grandes el cerebelo y el hipocampo, y bien conectada la amígdala. Por favor, si tienes alguna lesión de lóbulo prefrontal no respondas a este anuncio».

Aunque tal vez algunos especialistas podrían adivinar las características de que semejante cerebro dotaría a su poseedor, no es así como pensamos en los demás. Cuando estás conversando con un amigo y le hablas de tu hijo, no empiezas por su descripción física. Dirás más bien que es un gran chico, cuáles

son sus intereses y si le gusta la escuela o prefiere los deportes. De acuerdo, es probable que le enseñes una fotografía, pero en caso contrario la conversación no está condenada al fracaso. Estás hablando de lo que hace que él sea *él*. Si tan sólo dijeses: «Bueno, veamos, es rubio, ahora mide alrededor de uno sesenta y se quema al sol con facilidad», esto no diría mucho sobre él excepto que debería usar crema protectora, y seguramente tu interlocutor te miraría desconcertado.

Parece como si las personas tuviésemos dos partes, la persona física (el cuerpo, incluido el cerebro) y luego esta otra parte, la parte que hace que yo sea *yo* y tú seas *tú*, la parte esencial. Algunos la llaman el alma o espíritu; otros la llaman mente. Juntas constituyen el clásico dúo mente/cuerpo. Los filósofos llevan literalmente miles de años reflexionando y discutiendo sobre si la mente y el cuerpo son dos entidades separadas o una sola entidad, con Descartes encabezando los defensores de la primera concepción. El dualismo es la creencia en que la persona es algo más que sólo cuerpo. Esta idea nos viene a la mente con tanta facilidad que incluso la aplicamos a otros animales, en especial a nuestras mascotas y a cualquier bicho que nos caiga simpático.

Pero ¿saben qué? No vamos a hablar de si la mente y el cuerpo son lo mismo o algo distinto en la realidad. Vamos a hablar de por qué la mayoría de la gente cree que son algo distinto, y de por qué incluso los que no creen que sean algo distinto actúan como si lo fuesen. ¿Por qué pensamos que una persona es algo más que sólo un cuerpo? Tal vez de un modo consciente e intelectual podemos captar la idea de que sólo somos un montón de átomos y reacciones químicas, pero no es así como interaccionamos en la vida cotidiana. Si alguien te corta el paso en la autopista, no pensarás: *¡Eh, vaya subidón de catecolaminas tiene este montón de células que hay delante de mí!* Lo que pensarás es: *¿Quién se ha creído que es, se piensa que puede avasallarme de esta manera? Menudo desgraciado*. Y cuando estás al borde del Gran Cañón del Colorado, te asomas para mirar hacia abajo, y entonces eres tú el que siente una subida de catecolaminas, no te dices a ti mismo: *Oh, tengo palpitaciones. Gran aumento de catecolaminas*. No, el cambio químico produce una sensación que tu cerebro se siente obligado a explicar en clave situacional. Toma en consideración todos los estímulos eferentes, interpreta la sensación y saca la siguiente conclusión: *Estar aquí asomado en el borde me pone muy nervioso*.

¿Qué ocurre en cualquier ejemplo de la vida humana? Pues que, de algún modo, convertimos reflexivamente los datos en bruto, como los que experimentamos, vemos y sentimos, en otro nivel de organización. En términos físicos, es parecido a un cambio de fase, como pasar de sólido a líquido y a gas. Cada estado tiene sus reglas, sus referencias, su realidad. Lo mismo ocurre en

relación con el funcionamiento del cerebro. Los estados mentales vienen de consuno con el cerebro, los quieras o no. Nuestro convertidor coge los datos y los entrega a una nueva organización. Nuestro cometido en este capítulo, y también en el siguiente, es intentar entender las funciones del convertidor, el sistema que nos hace a todos dualistas.

Por supuesto, lo que queremos saber inmediatamente es: ¿Somos los únicos dualistas? ¿Es dualista mi gato? ¿Cree mi gato que yo soy algo más que la persona que lo alimenta? ¿Hace él la separación entre el yo que él ve y huele, que oye y lame, que araña y muerde, y cierto *yo* incorpóreo?

Vamos a investigar cómo elabora sus creencias el cerebro humano, y qué hace que nos resulte tan fácil asumir la creencia de que tenemos una mente separada del cuerpo. Qué sistemas emplea nuestro cerebro para generar creencias y de qué modo elabora nuestro cerebro la creencia de que somos duales son dos cuestiones centrales para entender qué es lo que nos hace únicos.

Como hemos visto en otros sistemas, la elaboración de creencias viene en dos sabores. El neuropsicólogo Justin Barrett denomina a estos dos sistemas «reflexivo» e «irreflexivo».[1] Las creencias irreflexivas son súbitas y automáticas. ¿Nos suena esto? Son pensamientos tan comunes que tal vez ni siquiera los describirías como creencias. Estás sentado a la mesa de la cocina desayunando, todavía medio dormido. Se te cae el cuchillo al suelo. ¿Crees que el cuchillo ha sentido dolor? ¿Crees que el cuchillo podía haber salido igualmente disparado hacia el techo o atravesado el piso de la cocina y llegado al suelo de debajo de la casa? ¿Y qué hay del suelo? ¿Sangraría? ¿Crees que, después de coger el cuchillo, lavarlo y meterlo en el cajón, se apareará con los otros cuchillos? ¿Habrá el doble de cuchillos en el cajón dentro de unos días? No. No crees nada de eso, y ni siquiera tienes que reflexionar sobre estas cuestiones antes de responderme, aunque seguramente no has pensado jamás en ninguna de ellas.

Imagínate que, mientras desayunas, miras por la ventana sin las gafas puestas, y ves algo del tamaño de una pelota de tenis que desciende del cielo, aterriza en la rama de un árbol y empieza a hacer pío pío. ¿Crees que respira? ¿Crees que a veces tiene hambre? ¿Crees que se aparea? ¿Crees que un día se morirá? Seguro que sí. Tu cerebro ha clasificado estas dos entidades distintas en dos categorías diferentes. Una es «una cosa» y la otra es algo que «¡está *vivo*!». Entonces tu cerebro automáticamente infiere una serie completa de propiedades que pertenecen a cada categoría, empezando por «objeto, no vivo» y «objeto, vivo, animal». Esto nos hace la vida mucho más fácil.

No quisieras verte obligado a recorrer conscientemente la lista entera de propiedades todas las veces que te encuentras con algo que no has visto antes y tener que aprendértela cada vez. De este modo, jamás dejarías la casilla de sa-

lida. Ninguno de nosotros estaría aquí, porque nuestro antepasado se hubiese quedado paralizado, mirando fijamente al león y recorriendo mentalmente la lista de alternativas, intentando imaginar qué es aquello que está saltando por los aires en dirección a su garganta. Tu cerebro se ha valido de sus mecanismos de detección para formar las categorías en que situar tus percepciones. En tu cerebro tienes toda una agencia de detectives trabajando, compuesta de un dispositivo detector de objetos, un identificador de animales, un identificador de artefactos, y un «detector de caras», los cuales responden a la pregunta de «¿De qué o de quién se trata?». También tienes un dispositivo detector de agentividad, el detective que responde a la pregunta de «¿Qué o quién lo ha hecho?». Y cuentas con generadores de perfiles. Tan pronto los dispositivos de detección identifican al sospechoso, los generadores de perfiles deducen datos sobre él y lo describen. Para Barrett, estos generadores de perfiles son un descriptor de animales, un descriptor de objetos, un descriptor de seres vivos y un descriptor de agentes (conocido, a su vez, como teoría de la mente). Cada uno de estos detectores y generadores de perfiles tiene instalado cierto conocimiento, y a medida que aprendemos y tenemos experiencia del mundo, este conocimiento aumenta. Todos estos dispositivos forman parte de la función de conversión que lleva a nuestros objetos móviles desde un nivel o estado al nivel o estado personal y psicológico. No está nada claro cómo funcionan en realidad estos dispositivos; hablaremos más sobre ello en el capítulo 8. Veamos de momento lo que tenemos instalado.

## BIOLOGÍA INTUITIVA

Los seres humanos somos taxonomistas natos. Nos gusta denominar y clasificar todo tipo de objetos que nos rodean, y el cerebro lo hace automáticamente. Por regla general, si un modo de pensar nos viene a la mente con facilidad, es bastante probable que tengamos cierto mecanismo cognitivo que ha sido configurado para hacernos pensar de ese modo. El antropólogo cognitivo Scott Atran, de la Universidad de Michigan, aporta datos según los cuales en todas las sociedades humanas la gente piensa intuitivamente en los animales y las plantas de la misma manera especial, que es diferente a cómo pensamos en objetos como piedras, estrellas o sillas.[2] Un objeto animado es diferente de un objeto inanimado. La intuición que atribuye animación a un objeto es el conocimiento incorporado que tenemos los objetos animados, según la maravillosa expresión de Steven Pinker, «una fuente interna y renovable de brío».[3] Clasificamos las plantas y los animales en grupos semejantes a especies, e infe-

rimos que cada especie tiene una naturaleza intrínseca o esencia, que es la causa subyacente de su apariencia y de su conducta.

Esta esencia son los atributos no perceptivos en virtud de los cuáles un lobo es un lobo, incluso cuando se oculta bajo una piel de cordero (puesto que la apariencia no siempre es la realidad). Sabemos que un caballo sigue siendo un caballo por mucho que le pintemos encima rayas de cebra. Esta creencia o intuición ya se aprecia en los niños en edad preescolar. Estos niños nos dirán que si a un perro le cambiamos las entrañas, esas partes invisibles de un perro, ya no será un perro, mientras que si lo que cambiamos es su apariencia, sí seguirá siéndolo; y que si has nacido siendo algo, por ejemplo una vaca, desarrollarás la naturaleza y la conducta de este animal, aunque seas criado por cerdos y nunca veas otra vaca.[4] Estos sistemas de clasificación tienen una jerarquía. Hay grupos dentro de grupos: un ánade real es un tipo específico de pato, que es un tipo específico de ave. La clasificación proporciona un marco para realizar inferencias sobre las propiedades de la categoría.[5] Algunas de esas inferencias son innatas, otras se aprenden. Si me dices que es un ave, deduciré que tiene plumas y que puede volar. Si me dices que es un pato, diré que tiene plumas, vuela, grazna y nada, y puede que incluso concluya que se llama *Donald*. Si me dices que es un ánade real, inferiré todo esto, y además el hecho de que en marzo lo veré en mi patio trasero. La biología intuitiva hace referencia a este modo en que nuestro cerebro clasifica los seres vivos.

Los investigadores de Harvard Alfonso Camarazza y Jennifer Shelton afirman que existen sistemas cognitivos de dominio específico para las categorías de objetos animados e inanimados, con mecanismos neurales diferentes. De hecho, hay individuos con lesiones cerebrales que tienen muchas dificultades para reconocer animales pero no artefactos hechos por el hombre, y a la inversa.[6] Si tienes una lesión en un punto, eres incapaz de distinguir un tigre de un mastín, y si la tienes en otro, el teléfono se convierte para ti en un objeto misterioso. Hay lesiones cerebrales que impiden a ciertas personas reconocer las frutas.

¿Cómo funcionan y cómo surgen estos sistemas? Si un organismo se encuentra con la misma situación una y otra vez, cualquier individuo que desarrolle un mecanismo evolutivo para comprender o predecir los resultados de la situación tendrá una ventaja adaptativa que le ayudará a sobrevivir. Estos sistemas cognitivos de dominio específico no constituyen realmente el conocimiento mismo; son sistemas que nos mueven a prestar atención a aspectos particulares de situaciones que aumentarán nuestro conocimiento específico. El grado de especificidad y el tipo de información codificada no son las mismas para cada sistema; en torno a esta diferenciación hay diversidad de opiniones.

Clark Barrett y Pascal Boyer sugieren que el sistema de identificación animal podría ser un poco más específico que el de identificación de objetos, en especial para los animales depredadores en contraposición a las presas.[7] Según su hipótesis, en el ámbito de los seres vivos existen detectores bastante específicos para ciertas clases de animales peligrosos comunes a muchos entornos, como las serpientes y puede que incluso también los grandes felinos. El cerebro tendría codificado un conjunto estable de pistas visuales, que nos inducirían a prestar atención a cosas como dientes afilados, ojos situados frontalmente, tamaño y forma corporales y ciertos aspectos del movimiento biológico, que nos servirían de datos para identificarlas.[8] No tenemos un conocimiento innato de que un tigre es un tigre, pero quizá sí tenemos un conocimiento innato de que, si vemos un animal grande que nos acecha con ojos situados frontalmente y dientes afilados, se trata de un depredador. Una vez que hemos visto un tigre, lo situamos en la categoría de depredadores junto a cualquier otro que hayamos añadido antes.

Esta especificidad de ámbito para los depredadores no se limita a los seres humanos. Richard Coss y sus colegas de la Universidad de California, en Davis, han estudiado ciertas ardillas que fueron criadas en régimen de aislamiento, sin haber estado previamente expuestas a serpientes. Aun así, cuando se las expuso por primera vez, huyeron de ellas, pero no de otros objetos nuevos. Coss y su equipo concluyeron que esas ardillas mostraban una cautela innata ante las serpientes. De hecho, estos investigadores han podido calcular que sería necesario vivir diez mil años en un entorno sin serpientes para que este «patrón-serpiente» desapareciese de las poblaciones.[9] Tengo la certeza absoluta de que yo mismo tengo un patrón-serpiente firmemente arraigado.

Dan Blumstein y sus colegas, de la UCLA, han estudiado un grupo de ualabíes que habitan en la isla del Canguro, frente a la costa de Australia, y que durante los últimos nueve mil quinientos años han quedado aislados de forma natural de cualquier depredador. Pues bien, les enseñaron unos depredadores disecados que resultaban evolutivamente novedosos para ellos (zorros y gatos, que sus antepasados no habían visto jamás), y también un modelo de su depredador evolutivo hoy extinguido (a falta de especímenes disecados disponibles). Su reacción ante la visión de ambos tipos de depredadores fue dejar de alimentarse y adoptar una actitud más vigilante.[10] No tuvieron estas reacciones ante otros objetos que los investigadores utilizaron como controles. Estaban respondiendo a cierta pista visual exhibida por esos depredadores disecados o modelados, no a una conducta cualquiera. Por lo tanto, es posible que existan mecanismos muy específicos del ámbito, en este caso para la identificación, mecanismos que para funcionar no precisan de una experiencia previa o un con-

texto social determinados. Estos mecanismos son innatos y ya están incorporados, y algunos de ellos los compartimos con otros animales. Aunque hay otros mecanismos que ciertos animales tienen y nosotros no, y otros que son exclusivamente humanos.

Estudiar a los bebés nos permite identificar qué conocimientos están incorporados en los seres humanos. En un capítulo anterior, vimos que los bebés cuentan con circuitos neurales de ámbito específico para identificar rostros humanos y también para registrar el movimiento biológico.[11] Hay un par de aspectos más del movimiento que les resultan interesantes a los bebés de unos 9 meses y les ayudan a identificar el movimiento animado. Los bebés entienden cuándo un objeto está reaccionando ante un acontecimiento distante. Por ejemplo, si cae algo, deducen que cualquier cosa que no esté en contacto con ello y se mueva está animada.[12] También esperan que un objeto animado se mueva hacia su objetivo de un modo racional.[13] De modo que, cuando un objeto tiene que saltar por encima de un obstáculo para alcanzar un objetivo, esperan que no lo haga si el obstáculo ha sido retirado. Se ha demostrado que los niños pequeños tienen expectativas específicas sobre la conducta de objetos que están persiguiendo algo o huyendo de algo.[14] Estos estudios proporcionan numerosas pruebas de que los niños pequeños tienen una capacidad innata para distinguir los objetos animados de los objetos inanimados. Así, tan pronto como se observa un objeto que tiene cualesquiera de estas características perceptivas, el detector supone que está VIVO, el cerebro lo sitúa automáticamente en la categoría de «ser vivo» e infiere a continuación una lista de propiedades. Cuanta más experiencia vital tenemos, más ítems añadimos a la lista de propiedades que deducimos. Si no se observa ninguna de estas características, el objeto será incluido en la categoría de inanimado, y se inferirá un conjunto de propiedades distinto. Es aquí donde intervienen los generadores de perfiles.

¿Inferir propiedades? ¡Pues sí! Automáticamente el cerebro atribuye al objeto animado ciertas propiedades comunes a las cosas que están vivas. Entonces el objeto puede ser clasificado como un animal o incluso más específicamente como un ser humano o un depredador, y se deducen todavía más propiedades. Barrett y Boyer nos resumen las características de esos sistemas de inferencia; podemos ver que algunas de sus propiedades están relacionadas específicamente con nuestro tema.

1. Cada uno de los diferentes ámbitos se ocupa de un tipo diferente de problema y tiene modos específicos de manejar la información. Cada uno tiene un formato específico para los datos de entrada, un modo específico de

deducir la información y un formato específico para los datos de salida. Por ejemplo, la mayoría de los psicólogos estarían de acuerdo en que los seres humanos tenemos un sistema especial para reconocer rostros humanos. El formato de datos de entrada para el reconocimiento de caras, más que con partes específicas, tiene que ver con la disposición general y las relaciones de cada una de las partes con el resto. El patrón de datos de entrada que nuestro cerebro busca automáticamente consiste en dos puntos brillantes destacados (ojos) y una abertura central (boca) situada más abajo. Cuando el formato de entrada no es de esta manera, por ejemplo, en una foto puesta del revés, las caras son más difíciles de reconocer.

2. El hecho de que haya un ámbito especializado en un problema específico no supone que aquél se corresponda necesariamente con la realidad. Vemos las caras como el aspecto importante de una persona porque tenemos un sistema que les presta una atención particular. Pero ¿son realmente importantes? No todos los animales tienen este sistema y ven las caras humanas como si fueran importantes. Ni actualmente, ni en su entorno evolutivo, es necesario para un impala saber si es Pierre, Chuck o Vinnie quien le está persiguiendo, ni siquiera que son seres humanos; todo lo que necesita saber es que le está persiguiendo un depredador.

La realidad puede ser que existen catorce especies depredadoras diferentes que necesita reconocer, pero puede que las reconozca como una única especie: un animal con los ojos situados frontalmente que corre. Igualmente podríamos haber desarrollado, a lo largo de la evolución, un sistema de reconocimiento de pies, y entonces serían los pies lo que miraríamos con cariño y lo que pensaríamos que es importante. Todo lo que tendríamos que hacer para no ser reconocidos es calzarnos un par de botas. El sistema no reconoce forzosamente objetos como totalidades, sino que destaca aspectos del objeto. Para la cara, existe un sistema para identificar a la persona y otro sistema para identificar su estado de ánimo.

Un problema es que, si un objeto presenta un aspecto ambiguo, el sistema puede inferir la información equivocada. Vemos dos puntos oscuros y brillantes que destacan en la oscuridad y una abertura central debajo. «¡Eh! ¡Hay alguien ahí entre los arbustos!». Pero no, resulta que es un tapacubos con agujeros. Otro problema es que el sistema puede deducir información científicamente incorrecta, pese a ser información en su mayor parte verdadera y que funciona bastante bien, y que por eso ha sido seleccionada por la evolución. El sistema identificador de plantas da por sentado que éstas no se mueven a voluntad. Algunas plantas lo hacen, pero son raras, de modo que ello no afecta mucho al funcionamiento del sistema. Sin embargo, es importante

observar que el cerebro humano no divide los seres vivos y los que no lo son del mismo modo en que lo haría un científico, basándose en información verificable.

3. Cada sistema específico ha surgido como fruto del proceso de selección natural, así que debemos tener en mente cuál era la función original del diseño, porque...

4. Podemos usar un ámbito en un modo distinto del seleccionado por la evolución. Por ejemplo, nuestras orejas evolucionaron porque captaban las ondas sonoras, mejorando la audición, pero hoy en día también las usamos para aguantar las gafas. La locomoción bípeda fue seleccionada por la evolución porque proporcionaba una ventaja adaptativa a la hora de encontrar comida y refugio, pero en la actualidad también la usamos para bailar salsa. El uso evolutivamente propio de un ámbito puede ser totalmente distinto de su uso actual.

5. Nosotros (y cualquier otro animal) podemos aprender e inferir sólo lo que nuestro cerebro está programado para aprender e inferir. No podemos aprender a oír frecuencias sonoras fuera del espectro sonoro de nuestro sistema auditivo, porque el sistema no está programado para hacerlo. Podemos aprender a hablar porque tenemos un ámbito que es capaz de aprender lenguaje. No podemos sentir conscientemente lo que está haciendo nuestro cerebro cuando ejecuta procesos inconscientes. Podemos ver en tres dimensiones pese a tener ante nuestra retina un patrón bidimensional, pues tenemos un sistema visual especializado que rellena las lagunas visuales. Así que, en lo que respecta a los animales, somos capaces de usar toda la información entrante, como forma, color, sonidos, movimiento y conducta, para deducir semejanzas y diferencias, porque tenemos un cerebro predispuesto a una taxonomía específica de cada especie.

6. Distintos ámbitos aprenden cosas de modos diferentes y con distintos calendarios madurativos, de modo que el aprendizaje óptimo tiene lugar en momentos específicos del desarrollo. Hemos visto que existe un momento óptimo en el desarrollo para aprender el lenguaje. Más adelante hablaremos de nuestro conocimiento intuitivo de la física. En los bebés, este conocimiento se desarrolla antes que una psicología intuitiva completamente desarrollada. De hecho, se desarrolla antes de que los niños puedan hablar, de modo que tenemos que imaginar maneras de investigarlo sin recurrir al lenguaje.

7. La influencia genética se mantiene a lo largo de la vida de un organismo. No se detiene en el nacimiento, y el desarrollo sigue circuitos específicos genéticamente codificados. Todos los niños, en todas partes, siguen el mismo calendario madurativo general, aunque puede haber diferencias

individuales. Por muy, muy, muy listo que seas, no puedes aprender a hablar a los 3 meses.

8. Para poder desarrollar estos sistemas es necesario crecer en un entorno normal que proporcione los estímulos adecuados. Para poder aprender a hablar uno necesita oír hablar a otros, del mismo modo que, antes de poder cantar, los pájaros cantores necesitan oír cantar a otros pájaros cantores. Para poder desarrollar un sistema visual adecuado, uno necesita estímulos visuales y no puede criarse en la oscuridad.

9. Estos sistemas que infieren información útil para la supervivencia y la adaptación están con toda probabilidad interconectados, de modo que cuando se emplean se activa más de un área del cerebro.

Desde los 3 años, los niños ya conjeturan que algo incluido en la categoría de objeto animado tiene cierta esencia, que hace que ese algo sea lo que es y no cambie. Cuando se les muestran imágenes de animales que se transforman lentamente, por ejemplo, un puercoespín que se convierte en un cactus, llega un momento en que los niños se plantan y dicen que, al margen de lo que le hagamos, un puercoespín sigue siendo un puercoespín. Susan Gelman y sus estudiantes, de la Universidad de Michigan, se preguntaban si se trata de información que les ha sido explicada o es un conocimiento innato.[15] Analizaron miles de conversaciones madre-hijo sobre «animales» y «cosas», conversaciones de varias familias mantenidas a lo largo de varios meses. Las entrañas de algo, su forma de ser y sus orígenes, rara vez fueron el tema de conversación y, si lo fueron, se hablaba normalmente de cosas, no de animales. Los niños nacen creyendo en la existencia de esencias; no es algo que se les enseña. A los 9 meses, los bebés ya creen en la esencia de los objetos. Si se les muestra una pequeña caja que produce un sonido cada vez que la tocas en un sitio determinado, esperan que todas las cajas pequeñas idénticas posean la misma cualidad. Los niños de 3 años van un paso más allá e infieren que las cajas similares tienen la misma cualidad, pese a que no sean exactamente iguales.

Valiéndose de estos ejemplos, el psicólogo de Yale Paul Bloom, en su fascinante libro *Descartes' Baby*,[16] nos dice que los niños creen de forma natural en el esencialismo, la teoría filosófica según la cual las cosas que percibimos a través de los sentidos pueden llevar incorporadas una esencia inobservable que es real. Bloom asegura que el esencialismo se manifiesta, de alguna manera, en todas las culturas. Esta esencia puede adoptar la forma de ADN, de un don divino, de tu signo del zodíaco o, como nos diría un campesino yoruba, de una «estructura que viene del cielo». Bloom considera que el esencialismo es

una manera adaptativa de pensar acerca del mundo natural. Los animales son biológicamente similares debido a que comparten una historia evolutiva. Aunque la apariencia tiene cierta importancia en el momento de clasificar un animal en un grupo, los indicadores más fiables son más profundos. Así que esta inferencia de que los animales tienen una esencia que no cambia, aunque sí lo hagan los rasgos físicos, es válida y ratifica el dualismo innato de los niños. Se trata del convertidor en acción.

¿Tienen el concepto de esencia los otros animales? Jennifer Vonk y Daniel Povinelli creen que no.[17] Tras una revisión de los estudios realizados sobre cómo los animales clasifican entidades como iguales o diferentes, han concluido que todos los hallazgos registrados hasta la fecha pueden explicarse atribuyendo a los demás animales el uso exclusivo de rasgos perceptibles: apariencia, patrones de conducta, olor, sonido y tacto. Para los otros animales, la apariencia es la realidad.

Cuando empiezas a diseñar experimentos para distinguir las relaciones perceptibles de las relaciones inobservables, te das cuenta de que es harto difícil, y empiezas a entender que las relaciones perceptibles funcionan bastante bien la mayoría de las veces. De hecho, resultan muy difíciles de distinguir, y Vonk y Povinelli no creen que exista ninguna prueba válida de que los animales usen algo más que las características perceptibles. Su interpretación de los hallazgos más recientes es que las palomas y los monos pueden percibir relaciones de primer orden: tienen el concepto de que dos cosas que comparten características perceptivas comunes son lo mismo. Los investigadores hacen hincapié en que la palabra clave es aquí perceptivas, al igual que los ualabíes de la isla del Canguro percibían que el zorro y el gato disecados eran cosas preocupantes, porque compartían rasgos perceptivos que los incluían en la categoría de las cosas-que-evitar. ¿Se dejaría engañar un ualabí por una piel de cordero? Si eliminásemos todas las demás pistas perceptibles, como el olor, el tipo de movimiento y de conducta y el sonido, y el zorro mantuviese la boca cerrada y llevase una máscara, probablemente. Y a nosotros también podría engañarnos. Pero en la realidad los zorros no se visten con piel de cordero.

En el mundo animal las apariencias funcionan bastante bien, a menos que los animales se enfrenten a seres humanos. Introduciré aquí una pequeña historia anecdótica. ¡Parece que se puede engañar a los pumas! El sitio web del Departamento de Caza y Pesca del Estado de California informa del siguiente suceso: «Un incidente tuvo como protagonista a un cazador de pavos que estaba camuflado, imitando la llamada del pavo, cuando un puma se le aproximó por detrás. Inmediatamente después, cuando el puma se encaró con el cazador y descubrió que no era un pavo, huyó. Esto no se considera un ataque a un ser

humano. Todo indica que si el cazador no hubiera estado camuflado e imitando la llamada del pavo, el puma lo habría evitado».

Comprender las relaciones de segundo orden significa que uno comprende que la relación entre estos dos objetos es la misma que la relación entre aquellos dos objetos. ¿Recuerdas las clases de lengua de secundaria? ¿Los ejercicios de analogías? ¿Qué tal se te daba esa parte de la semántica? Hay datos que indican que los grandes simios son capaces de entender algunas relaciones de segundo orden, pero hasta el momento ninguna prueba de que puedan hacerlo con una información distinta de la observable. Incluso en las relaciones sociales de los chimpancés, como las de preponderancia, o en relaciones emocionales como el amor o el afecto, todo puede explicarse a partir de fenómenos observables. Si esto no tiene sentido para ti, explica entonces cómo sabes que alguien te quiere. «Bueno, cada mañana me da un beso de despedida.» Perceptible. «Me llama cada día desde el trabajo.» Perceptible. «Se desvía de su camino para hacer recados para mí.» Ah, perceptible. «Dice que me quiere.» Ah, esto vendría a ser lo mismo. Vonk y Povinelli señalan que podemos definir el amor como un sentimiento, una manifestación interiorizada, pero lo que describimos son sus manifestaciones visibles y exteriorizadas. Realmente no podemos sentir los sentimientos de otros, los deducimos mediante la percepción, de la observación de sus acciones y expresiones faciales. «Obras son amores, que no buenas razones», aconsejamos a un amigo que está encandilado por un enamoramiento. Tu perro es leal a tu persona audible, visible y husmeable, no a tu esencia.

## Física intuitiva

También tenemos un conocimiento intuitivo de la física, aunque tus notas de física quizá no lo reflejen. Recuerda que los sistemas intuitivos hacen que prestemos una atención especial a las cosas que han sido de ayuda para la supervivencia. Para sobrevivir, no necesitamos realmente un sistema intuitivo que nos ayude a entender la mecánica cuántica o el hecho de que la Tierra tiene unos cuantos miles de millones de años. No es tan fácil captar estos conceptos, y algunos de nosotros no lo hacemos jamás. Sin embargo, cuando el cuchillo se te ha caído de la mesa durante el desayuno, has tenido en cuenta inconscientemente muchos aspectos de la física. Sabías que caería al suelo. Sabías que seguiría ahí cuando te agacharas a recogerlo. Sabías que estaría justo a tus pies y que no saldría volando hacia el salón. Sabías que seguiría siendo un cuchillo, que no se habría convertido en una cuchara o en un pedazo de metal. También

sabías que no atravesaría el suelo para acabar debajo de la casa. Todo este conocimiento, ¿lo hemos aprendido por experiencia o es innato? Al igual que tú comprendes estas cosas, los niños ya comprenden estos mismos aspectos del mundo físico desde muy pequeños.

¿Cómo lo sabemos? ¿Qué pasaría si, en vez de caerse al suelo, el cuchillo hubiese salido volando hacia el techo? Te hubieses sorprendido. De hecho, te habrías quedado mirándolo. Los bebés hacen lo mismo cuando ven algo inesperado. Se quedan mirándolo.

Los bebés esperan que los objetos se ajusten a un conjunto de reglas, y cuando éstos no lo hacen, los miran. Hacia los 5 meses, esperan que los objetos sean permanentes. Cuando desaparecen de su vista, no se desvanecen sin más.[18] En una serie de experimentos, Elizabeth Spelke, de Harvard, y Renée Baillargeon, de la Universidad de Illinois, llevan años estudiando lo que saben de física los bebés. Han demostrado que los niños pequeños esperan que los objetos tengan cohesión y permanezcan intactos en vez de romperse espontáneamente en pedazos si los golpeamos. También esperan que mantengan la misma forma si atraviesan una cortina y vuelven a aparecer. Por ejemplo, una pelota no se convertirá en un pastelito. Esperan que las cosas se muevan siguiendo un recorrido continuo, y no que aparezcan y desaparezcan en el espacio. Y hacen suposiciones acerca de formas parcialmente ocultas. También esperan que un objeto no se mueva por su cuenta sin algo que lo empuje, y que sea sólido y no pase a través de otro objeto.[19, 20] ¿Cómo sabemos que todo esto no es conocimiento aprendido? Porque los bebés de todo el mundo saben las mismas cosas a la misma edad, con independencia del ambiente al que hayan estado expuestos.

Sin embargo, los bebés no lo entienden todo acerca de los objetos físicos. Tardan un tiempo en entender todasl as implicaciones de la fuerza de la gravedad. Comprenden que un objeto no puede estar suspendido en el aire, pero hasta que no tienen 1 año no entienden que un objeto ha de tener un soporte bajo su centro de gravedad o caerá.[21] Ésta es la razón de que se inventaran las tacitas con tapa y boquilla para bebés. Por supuesto, no todo el conocimiento es innato. Hay muchas cosas que deben aprenderse, y algunos adultos jamás las aprenden todas, de ahí tus malas notas en física. Todavía no se sabe hasta qué punto los animales comparten nuestra física intuitiva. Como dice Marc Hauser en su libro *Mentes salvajes*, nos parecería inconcebible que los animales no entendiesen la permanencia de los objetos. No quedaría ninguna presa en el mundo si estos animales no entendiesen que el depredador que se acaba de esconder tras el arbusto sigue estando ahí y no se ha esfumado en el aire. Sin embargo, hay ciertas diferencias importantes entre lo que entendemos noso-

tros de la física y lo que entienden otros animales, y en cómo se utiliza la información.

Povinelli y Vonk,[17] tras revisar lo que se sabe sobre el conocimiento de la física por parte de los primates no humanos, sugieren que, aunque está claro que éstos pueden deducir las causas resultantes de acontecimientos observados, no entienden las fuerzas causales que subyacen a sus observaciones. Por ejemplo, si entendieran la causa de la fuerza de gravedad, en vez de saber por mera observación que la fruta caerá al suelo, también deberían entender que si agarran algo y lo arrastran hasta un agujero, entonces también caerá en él. Pero no pueden concebirlo. No entienden de fuerzas. Comprenden que los objetos se tocan unos a otros, que es algo observable, pero no captan la idea de que para que un objeto mueva a otro, tiene que transferirle cierta fuerza: para que una taza se mueva cuando retiramos un mantel, la taza debe estar encima del mantel; no basta con que esté sólo tocando el mantel. Pues bien, esto no lo comprenden, a diferencia de los niños de 2 y 3 años, que sí lo hacen. Los niños priorizan la atribución causal de episodios simples a un rasgo inobservable (la transferencia de fuerza) frente a un rasgo observable (por ejemplo, la proximidad).[22] Se ha sugerido que los seres humanos somos únicos en nuestra capacidad de razonar sobre fuerzas causales. De acuerdo, algunos animales entienden que una manzana caerá del árbol, pero los seres humanos somos el único animal que puede razonar sobre la causa invisible de que lo haga —la fuerza de la gravedad— y sobre cómo funciona.[23, 24, 25] Aunque esto no significa que todos podamos hacerlo.

Nuestra taxonomía de objetos, en lo que respecta a los objetos físicos, en particular a los artefactos hechos por el hombre, no funciona igual que nuestra taxonomía biológica. Los artefactos se clasifican en su mayor parte por su función, o su función intencional, y no jerárquicamente como los animales y las plantas.[26] Cuando se clasifica algo como artefacto hecho por el hombre, se hacen con respecto a ello inferencias distintas de las que se hacen con respecto a un ser vivo. Se le atribuye un perfil distinto. De hecho, los sistemas de identificación y generación de perfiles pueden ser incluso más específicos. Las regiones motoras del cerebro se activan cuando los objetos son herramientas[27] y cuando el artefacto es manipulable,[28] pero no con objetos hechos por el hombre en general. Deducimos todas esas propiedades físicas, pero no las mismas propiedades que deducimos en el caso de los seres vivos, excepto en circunstancias especiales.

Después de que el dispositivo de detección ha respondido a la pregunta «¿De qué o de quién se trata?», o a la pregunta «¿Qué o quién lo ha hecho?», la información es enviada a los dispositivos encargados de la descripción, que

infieren todas las propiedades de lo que se acaba de identificar. Volviendo al desayuno, cuando estabas mirando a través de la ventana y viste esa cosa cambiante y del tamaño de una pelota de tenis, el detector de objetos lo identificó como un objeto físico con un borde definido en vez de algo informe y, ea, espera un momento... el objeto acaba de iniciar su propio movimiento, un movimiento de tipo biológico, así que el detector de objetos te avisa: «¡Está vivo!». Entonces tercia el identificador de animales, diciendo: «Ah, es un pájaro». Una vez que ha sido identificado, el descriptor de animales conjetura que tiene todas las propiedades de su clase: tendrá todas las propiedades físicas de un objeto en el espacio, más las propias de un animal y las propias de un pájaro. Todo esto ocurre automáticamente, aunque nunca antes hayas visto ese animal en particular. Si el dispositivo detector dice que es cuestión de quién y no cuestión de qué, e identifica la víctima, entonces interviene el descriptor de agentes o sistema de teoría de la mente. Entramos en otra área de conocimiento intuitivo conocida como psicología intuitiva, que también contribuye a nuestras creencias irreflexivas.

## PSICOLOGÍA INTUITIVA

Usamos nuestro sistema de teoría de la mente (nuestra comprensión intuitiva de que los otros tienen estados invisibles —creencias, deseos, intenciones y objetivos— y que tales estados pueden ser la causa de conductas y eventos) para atribuir estas mismas características no sólo a otros seres humanos sino también a la categoría de los seres animados en general, a pesar de que otros seres animados no los posean en el mismo grado que los seres humanos. (A veces también puede aplicarse sensibleramente a objetos.) Es por eso por lo que es tan fácil pensar que nuestras mascotas y otros animales tienen pensamientos y creencias como los nuestros y de que sea tan fácil caer en el antropomorfismo. También por eso es a veces tan difícil para los seres humanos aceptar que su psicología es única. Estamos programados para pensar otra cosa: que los objetos animados tienen una teoría de la mente. Pensamos que los otros animales, especialmente los más semejantes a nosotros, piensan como nosotros. Nuestra psicología intuitiva no limita el alcance de la teoría de la mente en otros animales. De hecho, cuando se les muestran películas de formas geométricas moviéndose de manera que sugieren intención o conducta orientada a objetivos (moviéndose de la manera en que se movería un animal), las personas atribuyen deseos e intenciones incluso a esas formas geométricas.[29] Cierto, los otros animales tienen deseos y objetivos, pero están determinados por

un cuerpo y un cerebro que responden a los problemas de supervivencia y adaptación con soluciones diferentes. No todos estamos cableados del mismo modo.

El antropomorfismo no es el único tipo de pensamiento común con raíces en la teoría de la mente. Si el profesor de biología te regañaba por esto, quizá también te puso algún cero por pensamiento teleológico: explicar los hechos naturales como el resultado de un diseño o propósito inteligente. En clase de biología te metías en un lío si decías que las jirafas tienen el cuello largo para poder comer las hojas altas de los árboles, es decir, que su cuello fue diseñado para alcanzar las hojas altas.* Sin embargo, en realidad ésta podría ser la manera de pensar por defecto que se desarrolla plenamente entre las edades de 4 y 5 años.

Mientras tanto los adultos como los niños recurren a explicaciones teleológicas para los procesos biológicos, como que los pulmones son para respirar, los niños recurren al pensamiento teleológico en más situaciones diversas que los adultos. Tienen una tendencia a tratar a objetos y conductas de todo tipo como si existieran para servir un determinado propósito.[30,31,32] Extienden este tipo de razonamiento a los objetos naturales y afirman que las nubes están ahí para que llueva, las montañas para que podamos ir a escalar y los tigres para estar en los zoológicos.

Los orígenes del pensamiento teleológico todavía son objeto de discusión. Hay tres propuestas. O bien es innato, o viene de comprender que los objetos hechos por el hombre han sido diseñados para cumplir un propósito,[33] o deriva de la comprensión que los bebés demuestran tener de la acción racional y por lo tanto podría ser un precursor de la teoría de la mente.[34]

El pensamiento teleológico explica un fenómeno invocando un diseño intencionado. Sin embargo, el hecho de que intentemos siquiera explicar que un efecto es causado por algo también constituye, con toda probabilidad, una capacidad única. Otros animales entienden que ciertas cosas están vinculadas a otras de manera causal. Tu perro puede aprender que mordisquear tus mocasines Gucci causa el efecto de recibir un guantazo o una reprimenda, y también que mordisquear su hueso no causa tal efecto. Sin embargo, como vimos con respecto a la física intuitiva, no existen pruebas claras de que otros anima-

* Comprender cómo funciona la selección natural puede ser difícil precisamente porque a la gente le resulta muy fácil pensar teleológicamente. El cuello largo no fue diseñado con un propósito específico. Simplemente ocurrió que las jirafas ancestrales que tenían el cuello más largo podían comer más, y eso aumentó su capacidad de adaptarse, de sobrevivir y de reproducirse. Las jirafas con el cuello largo tenían ventaja sobre las jirafas con el cuello más corto.

les formen conceptos sobre cosas imperceptibles. Tu perro no comprende que la causa imperceptible del guantazo es lo que cuestan los zapatos o tu noción de la obediencia canina. Vonk y Povinelli[17] han planteado que la capacidad humana de razonar sobre entidades y procesos inobservables se extiende más allá de las fuerzas físicas causales e incluye el terreno psicológico. Este razonamiento sobre inobservables puede usarse entonces para predecir y explicar acontecimientos o estados psicológicos. Así, en cuanto la teoría de la mente estuvo desarrollada del todo, aumentó poderosamente la capacidad de predecir la conducta más allá de los fenómenos observables. Uno podía predecir la conducta de otro animal infiriendo su estado psicológico.

Mientras los seres humanos y otros animales usan los fenómenos observables para predecir, es posible que sólo los primeros traten además de buscar una explicación.[35] Hasta el momento, un único experimento ha investigado esta noción. Chimpancés y niños en edad preescolar recibieron unos cuantos bloques que debían colocar en una plataforma cubierta por una estera irregular. En el primer caso, entre los bloques había uno falso, limado por los bordes para que no se pudiese sostener. En el segundo caso, los bloques eran visiblemente idénticos (todos en forma de L) y del mismo peso, pero el peso del bloque falso había sido amañado para que no se pudiese sostener sobre su eje más largo. En el primer caso, tanto los niños como los chimpancés examinaron el bloque visiblemente distinto. Sin embargo, en el segundo, en el que la diferencia entre los bloques no era perceptible, el 61 % de los niños examinaron el bloque falso para averiguar por qué no podía sostenerse, pero ninguno de los chimpancés lo hizo.[36]

En ocasiones, nuestra predilección por explicar la causa de las cosas o las conductas con pensamiento teleológico se sale de madre. Una de las razones es que el dispositivo detector de agentividad se aplica con excesivo celo. Barrett habla de hiperactividad: le gusta tanto ponerse manos a la obra, que encuentra presuntos objetos animados incluso donde no los hay. Cuando oímos un sonido en plena noche, la cuestión que primero nos viene a la mente es: «¿Quién ha sido?» en vez de «¿Qué ha sido?». Cuando vemos algo indefinido que se mueve en la oscuridad, nos viene a la mente la pregunta: «¿Quién es?», porque el dispositivo de detección no es moderno ni está actualizado. El dispositivo de detección se forjó hace muchos miles de años, antes de que hubiese objetos inanimados que pudiesen moverse o hacer ruido por su cuenta. Considerar primero un peligro potencial animado es adaptativo. La mayor parte del tiempo funcionó. Los que así lo hicieron sobrevivieron y nos transmitieron sus

genes.* A veces metemos la pata, pero normalmente no representa un gran problema. Nos damos cuenta de que ese algo indefinido es una toalla que alguien dejó colgada de un árbol, y de que ese ruido en plena noche es el crujido de la casa debido a una bajada de temperatura.

El dispositivo de detección hiperactivo, combinado con nuestra necesidad de explicar y nuestro pensamiento teleológico, es la base del creacionismo. Para explicar por qué existimos, el dispositivo de detección hiperactivo afirma que tiene que haber un Quién implicado.

Según el razonamiento teleológico, tiene que haber un diseño intencional. La causa debe ser entonces los deseos, las intenciones y la conducta del Quién. Por lo tanto, fuimos diseñados por un Quién.

Todo esto nos recuerda lo que haría el intérprete del hemisferio izquierdo, que, como se ha demostrado, hace en otros contextos. En el próximo capítulo veremos cómo se vuelve hiperactivo en casos de enfermedad neurológica, produciendo historias de causalidad manifiestamente extrañas, dada la mala información que ha recibido. Los módulos del intérprete y la teoría de la mente parecen ser primos hermanos.

Povinelli ha sugerido que la teoría de la mente ha sido «injertada» en sistemas cognitivos previamente existentes para razonar sobre conducta observable, con lo que se permite a los seres humanos reinterpretar conductas sociales complejas previamente existentes gracias a la capacidad adicional de pensar sobre estados mentales.[37] La teoría de la mente no reemplazó sistemas previamente existentes, y no necesariamente se recurre a ella en todos los casos. El punto clave de esta idea es que se supone que los seres humanos y sus parientes más cercanos, los grandes simios —especialmente los chimpancés—, se comportarán de manera similar, pues la capacidad de predecir la conducta a partir de la observación ha evolucionado antes que la teoría de la mente. Estos sistemas para razonar sobre la conducta ya eran muy sofisticados y complejos, y

* He aquí lo que dice la Teoría del Manejo del Error (EMT, por sus siglas en inglés): «Las adaptaciones en la toma de decisiones han evolucionado a través de selección natural o selección sexual para llevarnos a cometer errores predecibles. Cuando existe una asimetría de costes recurrentes entre dos tipos de errores a lo largo del periodo de tiempo en el que la selección configura las adaptaciones, deben estar sesgadas en favor de cometer los errores cuyo coste sea menor. Dado que es enormemente improbable que los dos tipos de errores sean idénticos en los costes recurrentes asociados a ellos, la EMT predice que la psicología humana incluirá reglas de decisión sesgadas en favor de cometer un tipo de error frente a otro». M. Haselton y D. M. Buss, «Error management theory: a new perspective on biases in cross-sex mindreading», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 78, 2000, págs. 81-91.

quedaron íntimamente conectados al sistema de teoría de la mente. Sin embargo, pese a que algunas de las conductas que exhiben otros animales sean las mismas que las nuestras, la inferencia de que tienen el mismo sistema cognitivo no siempre es correcta. Además, el hecho de que tengamos un sistema para buscar causas inobservables no significa que lo usemos todo el tiempo. No se sabe en qué momento se activan nuestros conceptos sobre inobservables y hasta qué punto inspiran la conducta humana. Es posible que, en muchas situaciones, no se activen en absoluto. También es evidente que no todo el mundo posee la capacidad de utilizar la teoría de la mente con el mismo alcance.

Enseguida veremos lo a menudo que podemos llegar a las mismas conclusiones usando la teoría de la mente y sin usarla.

## Otros ámbitos puestos en su justo lugar

En circunstancias específicas en las que el generador de perfiles no proporciona la suficiente información, entran en juego ámbitos más especializados, muchos de los cuales están implicados en las interacciones sociales. Algunos de estos sistemas también actúan como estadísticos y predicen la conducta humana o la guían bajo circunstancias específicas. Ya hemos hablado de cómo algunos de estos sistemas funcionan en el intercambio social, en el intercambio preventivo y en las numerosas intuiciones morales que tenemos. Probablemente existen tropecientos mil más, incluido uno para las matemáticas. Los bebés creen que detrás de una pared habrá dos ratones Mickey, cuando ven que desaparece tras ella primero uno y después otro.[38] Además, podemos contar también con nuestra memoria y nuestra experiencia pasada. Así que ahora disponemos de bastante información.

Imagina que, durante el desayuno, miras por la ventana y ves un objeto que se mueve hacia ti, luego gira en redondo y se aleja. Tu dispositivo de detección lo ha identificado como humano, e incluso lo ha identificado más específicamente como tu vecino, Luigi. Tu descriptor de animales te informa de todas las propiedades de Luigi, incluyendo la teoría de la mente. ¿Podríais tú y tu perro predecir correctamente la conducta de Luigi sin tener en cuenta la teoría de la mente? Si Luigi es tu vecino desde hace ya algunos meses, entonces, cuando le ves, recuerdas también que ayer por la mañana salió de su casa y recogió el periódico, y que anteayer hizo lo mismo. En realidad, podrías predecir su conducta incluso sin usar tu teoría de la mente. Tu perro también ve cómo Luigi sale de su casa cada mañana, se agacha y recoge el periódico. Todo parece exactamente igual que ayer; tu perro predice la misma conducta. Ahora

imagina el mismo escenario usando tu teoría de la mente. Tanto tú como tu perro veis el periódico y veis la puerta principal abierta y a Luigi en el umbral. Ahora tú tienes ventaja sobre tu perro. Tu generador de perfiles ha deducido que Luigi tiene teoría de la mente. Sabes que tiene deseos, y puedes usar tu psicología intuitiva para predecir (poniéndote en su lugar) que uno de esos deseos es el de leer el periódico. Míralo, ahí va. Pero esto no es distinto de lo que tú y tu perro habíais previsto sin usar la teoría de la mente. La teoría de la mente es un refinamiento necesario en las interacciones sociales humanas, en las que la usamos a veces para predecir conductas. Pero su función más importante es la de permitirte entender que este montón de células de ahí enfrente tiene creencias y deseos inobservables, al igual que tú, que le motivan a hacer cosas. La información ha sido transformada automáticamente para conceder a Luigi otro estatus o estado.

La psicología intuitiva es un dominio distinto de la biología y la física intuitivas. Esto es importante, porque un deseo o una creencia no se etiquetan con propiedades físicas como «tiene gravedad» o «es sólido», ni con propiedades biológicas como «come» o «practica el sexo» o, aún más importante, «puede morir». Cuando Luigi sale por su periódico, ¿crees que su deseo es púrpura? ¿Crees que caerá de su cabeza cuando se agache para recoger el periódico? ¿Crees que su deseo va a tomar el desayuno? No, no crees nada de eso. ¿Crees que su deseo puede atravesar paredes? ¿Crees que su deseo puede desvanecerse en el aire? ¿Crees que su deseo puede morir? ¿Significa eso que dejará de respirar? Ahora quizá no respondas tan rápidamente. Tus mecanismos intuitivos se están poniendo nerviosos.

## La gran línea divisoria

La línea divisoria entre los ámbitos es manifiesta en el autismo, en el que la falta de comprensión social es un rasgo prominente, aunque también puede estar asociado a déficits en la imaginación y la comunicación. Los niños autistas raramente practican el juego imaginativo, y muchos no hablan en absoluto. Se supone que los individuos con autismo padecen «ceguera mental». Son ciegos a la comprensión de que otros individuos tienen deseos, creencias, objetivos e intenciones, es decir, poseen una mente. Los niños autistas no tienen una teoría de la mente; carecen de psicología intuitiva. Esta carencia de psicología intuitiva es lo que hace que la interacción social les resulte tan difícil. En vez de saber automáticamente que cuando sonríes es que estás contento, o que tu ceño fruncido indica desagrado, han de aprender y memorizar lo que indican

estas expresiones y aplicar conscientemente la lección aprendida cada vez que ven una de ellas. Esta falta de comprensión también explica otras características de los niños autistas, como la de no señalar hacia las cosas ni buscar con la mirada a sus padres para que les guíen. Si no comprenden que los otros tienen mente, no hay razón para mostrarles algo o mirarles en busca de consejo. No señalamos a nuestra escoba dónde está el polvo, ni pedimos consejo al diccionario.

Cuando se les enseñan las películas mencionadas antes, o las figuras geométricas que exhiben acción intencionada, los sujetos autistas se limitan a dar una descripción física y no les atribuyen intenciones. Los investigadores ponen un ejemplo tan ilustrativo de la diferencia que voy a reproducirlo aquí.

Primero veamos la respuesta de un adolescente de maduración normal describiendo las formas que aparecen en la película: «Lo que pasaba era que el triángulo más grande —que era como un chico mayor o un matón— se había aislado de todo lo demás hasta que aparecieron dos chicos nuevos y el más pequeño era un poco más tímido y asustadizo, y el triángulo pequeño era más valiente y protegía al más pequeño. Al gran triángulo le entraron celos de ellos, apareció y empezó a meterse con el triángulo pequeño. El pequeño triángulo se enfadó y dijo algo así como: "¿Qué pasa? ¿Por qué haces esto?"».

Contrástese esta respuesta con la siguiente, de un adolescente autista: «El triángulo grande apareció en el rectángulo. Había un triángulo pequeño y un círculo. Entonces el triángulo grande salió. Las formas rebotaron unas contra otras. El círculo pequeño entró dentro del rectángulo. El triángulo grande estaba en la caja con el círculo. El triángulo pequeño y el círculo dieron algunas vueltas uno alrededor del otro. Era como si oscilaran el uno alrededor del otro, quizá por un campo magnético. Después de eso, salieron de la pantalla. El triángulo grande se convirtió en una estrella —como una estrella de David— y rompió el rectángulo».[39]

En vez de conferir relaciones sociales a las figuras geométricas de la película, los niños autistas describieron únicamente relaciones físicas. Se han realizado múltiples estudios con RM para entender en qué se distingue el cerebro de los individuos autistas. Lo importante para nuestra explicación es que, cuando los individuos autistas miran una cara, presentan una actividad considerablemente menor que los individuos normales en una región del cerebro llamada circunvolución fusiforme, que según la gran mayoría de especialistas está especializada en la percepción de caras.[40, 41] Los grupos de sujetos autistas mostraron mayor activación en regiones adyacentes de la corteza temporal, habitualmente asociadas a objetos. De hecho, los niños autistas a me-

nudo tratan a otras personas como objetos. Para los individuos autistas, las otras personas pueden resultar aterradoras, porque no actúan como objetos: hacen cosas y se mueven de una forma que resulta impredecible según las creencias intuitivas irreflexivas de los primeros sobre cómo deben comportarse los objetos.

## DUALIDAD DE LA EXPERIENCIA

Paul Bloom, para quien las personas somos dualistas natos, afirma que, en los individuos que no padecen de autismo, este procesamiento separado de la comprensión de los objetos y la comprensión social y psicológica es lo que da lugar a nuestra «dualidad de la experiencia». Los objetos, las cosas materiales y físicas del mundo, se tratan de forma separada y distinta de la de los estados psicológicos invisibles de objetivos, creencias, intenciones y deseos. Se hacen deducciones diferentes. Parte de este mundo físico es lo que podemos ver cuando miramos hacia abajo: nuestro cuerpo, ese objeto físico y biológico que come, duerme, camina, practica el sexo y muere. Pero la parte psicológica no es visible; no tiene una sustancia física evidente y está sujeta a procesamiento e inferencias diferentes. No es un objeto físico y biológico sometido al mismo orden de inferencias. Tenemos la creencia intuitiva irreflexiva de que el cuerpo y su esencia consciente están separados.

Esta creencia intuitiva en la separación nos permite ser capaces de considerar toda clase de situaciones sin que nos duela cerebro, como pasaría si nos empezaran a explicar física cuántica. Cuando Susie dice: «¡Ojalá pudiese convertirme en una mosca pegada a la pared* de ese despacho durante una hora!», sabemos al instante que querría ser físicamente una mosca, pero conservando su propia mente. Esa mosca no sólo tendría deseos e intenciones, sino que tendría el mismo deseo, objetivo e intención de Susie: escuchar lo que se está diciendo ahí. En nuestra imaginación, podemos separar con facilidad su yo físico de su mente y poner ésta dentro de la mosca. Una mosca de verdad no tendría semejantes estados, pero no nos cuesta comprender la idea. No oímos a nadie decir: «¡Ojalá pudiese ser una mesa de ese despacho durante una

* Giro popular muy usado en lengua inglesa: ser una «mosca en la pared» equivale a ser un observador invisible de algo que está ocurriendo en privado y que resultaría especialmente interesante, cómico o truculento de ver u oír. Algo semejante a lo que expresa el dicho castellano «si las paredes hablasen», aunque la tesis expuesta aquí es justamente que nos parece mucho más intuitivo atribuir capacidades humanas a animales que a objetos inanimados. *(N. del t.)*

hora!», porque es menos factible que nuestra psicología intuitiva asigne a un objeto inanimado, a una mesa, la capacidad de tener deseos y objetivos.

Como nos es posible separar mentalmente el cuerpo físico de la esencia invisible de una persona, podemos concebir que ambos existan por separado. El cuerpo físico sin la esencia es un zombi, un robot; la esencia invisible sin el cuerpo es el alma o el espíritu. Podemos concebir otras esencias o agentes invisibles sin cuerpo físico que tienen deseos e intenciones, tales como fantasmas, espíritus, ángeles, demonios o el diablo, y dioses o Dios. Entonces, un corolario del razonamiento de Povinelli sería que, puesto que los animales no pueden formar conceptos de entidades o procesos imperceptibles, en tanto que no poseen una verdadera teoría de la mente, entonces no pueden ser dualistas ni tener ninguna noción de algo espiritual. Se trata de cualidades únicamente humanas. Pero ¿qué hay de las historias de elefantes que visitan a sus parientes muertos? ¿No significa esto que tienen cierta noción de esencia?

## ¿Somos los únicos dualistas?

La búsqueda de pruebas de dualismo en el mundo animal se ha centrado en cómo trata una especie a sus muertos. Los seres humanos conceden gran importancia a los cuerpos muertos, y su conducta ritual observable asociada a los muertos es una manifestación visible del dualismo en acción. Aunque los neandertales enterraban de vez en cuando a sus muertos, el hombre de Cromañón (el primer *Homo sapiens* anatómicamente moderno que apareció en Europa, hace unos cuarenta mil años) lo hacía de forma regular y elaborada, sepultando con ellos objetos materiales. Se trata de un indicio de la creencia en una vida después de la muerte, en la que se suponía que estos objetos serían de utilidad.[42] La creencia en la vida después de la muerte presupone que existe una diferencia entre el cuerpo físico que está sepultado en la tierra y lo que continúa viviendo. Los cromañones eran dualistas.

Entonces, ¿exhiben los otros animales una reacción elaborada ante sus parientes o compañeros muertos? La mayoría de los animales no lo hacen. Los leones demuestran ser prácticos. Huelen o lamen brevemente el cuerpo de un colega recién muerto y luego se disponen a devorarlo con fruición. Los chimpancés pueden mantener una interacción más larga con el cuerpo de un par social, pero lo abandonan en cuanto empieza a apestar un poco.[43] Sin embargo, se ha observado a elefantes comportarse de un modo totalmente distinto. Cynthia Moss, iniciadora del Proyecto Amboseli de Investigación sobre Ele-

fantes, en el Parque Nacional de Amboseli en Kenia, ha estudiado la estructura familiar, el ciclo vital y la conducta de los elefantes africanos. En su libro *Elephant Memories*, escribe lo siguiente:

> A diferencia de otros animales, los elefantes reconocen el cadáver o el esqueleto de uno de los suyos [...] cuando se encuentran con un cadáver de elefante, se detienen y se quedan en silencio y sin embargo en tensión, de un modo distinto de cualquier otra cosa que haya podido observar en otras situaciones. Primero alargan la trompa hacia el cuerpo para olerlo, y entonces se aproximan lenta y cautelosamente, y empiezan a tocar los huesos [...] recorren los colmillos y la mandíbula inferior con la trompa y palpan con ella todas las hendiduras y los orificios del cráneo. Diría que están tratando de reconocer al individuo.

Aunque se ha demostrado que los relatos sobre cementerios de elefantes son falsos,[43] Moss y otros investigadores sugieren que van a visitar los restos mortales de sus parientes.[44]

Pero ¿lo hacen de veras? ¿Realmente visitan o reconocen a individuos muertos? Karen McComb y Lucy Baker, de la Universidad de Sussex, Reino Unido, se unieron a Moss para estudiar esta cuestión de manera experimental. En un experimento, presentaron a los elefantes un cráneo de un congénere, un pedazo de marfil y un pedazo de madera. Observaron que los elefantes estaban muy interesados en el marfil y también en cierto modo en el cráneo, pero no en la madera. En otro experimento, las investigadoras descubrieron que los elefantes mostraban más interés en un cráneo de elefante que en uno de búfalo o de rinoceronte. En el último experimento, advirtieron que los animales no manifestaban preferencia alguna por el cráneo de su matriarca frente a los cráneos de matriarcas de otros clanes.[43] ¿Qué nos dicen estos resultados? Pues que los elefantes tienen mucho interés en el marfil y más interés en los huesos de su especie que en los de otras especies, pero no muestran un interés específico en los huesos de un pariente. El significado de esta preferencia, tanto en sentido evolutivo como conductual, es actualmente desconocido, pero en cualquier caso no puede considerarse prueba de que los elefantes sientan por los miembros de su misma especie un interés que vaya más allá de lo físico. Todavía está por comprobar que existan otras especies que practiquen semejante conducta.

## CREENCIAS REFLEXIVAS

Después de que toda esta información que entra por los sentidos ha sido seleccionada y procesada por varios sistemas intuitivos y por tu memoria, parte de ella emerge burbujeante en tu mente consciente. Cómo ocurre esto sigue siendo el gran misterio. En cuanto la información alcanza la mente consciente, interviene el intérprete: el señor Sabelotodo, que reúne toda la información y le proporciona un sentido. Todas estas operaciones de detección, de generación de perfiles y de predicciones, se llevan a cabo de forma automática. Es un proceso rápido e inmediato, y por lo general correcto. Sin embargo, no siempre es correcto. A veces el detector se equivoca: por ejemplo, cuando oyes un rumor entre los arbustos y te sobresaltas porque tu detector de «¿qué o quién ha sido?» ha metido la pata y te ha dicho que era un animal el causante del ruido en vez del viento. No está mal. Es mejor ser rápido y equivocarse de vez en cuando que ser lento y tener razón la mayoría de las veces. O a lo mejor tu detector ha metido la pata e identificado tu ordenador como ser vivo porque ha hecho algo por sí mismo (algo que tú no podías haber hecho) y por eso tu generador de perfiles le ha atribuido una teoría de la mente. Ahora crees que tiene deseos que causan su conducta, y el intérprete debe darle sentido a todo eso, de modo que te espeta: «¡Tu ordenador te persigue!». Todo esto no es más que tu sistema de creencias automáticas e irreflexivas en acción, partiendo de la información que le ha sido suministrada por diferentes ámbitos.

Pero sólo porque puedas imaginarte algo no significa que sea verdad. Puedes imaginarte un unicornio, un sátiro y un ratón parlante. Sólo porque tú creas algo, no significa que sea verdad. Sólo porque creas o te imagines que la mente y el cuerpo son entidades separadas, eso no significa que lo sean. Entonces, ¿qué ocurre ahora cuando te planteo un problema que desafía tus creencias irreflexivas? Si crees que la mente y el cuerpo son entidades separadas, que tienes un alma que es algo más que tus células cerebrales y ciertas sustancias químicas, entonces ¿cómo explicas los cambios en la personalidad, los cambios en la conciencia o cualesquiera de los cambios que tienen lugar a raíz de lesiones cerebrales? ¿Qué hay de Phineas Gage, quien, según las descripciones de los que le conocían, ya no fue la misma persona tras la lesión cerebral? Su esencia era distinta debido a un cambio físico en su cerebro. Ahora tienes que pensar en todo esto y decidir si vas a cambiar de idea o no.

Las creencias reflexivas son diferentes, y probablemente la mayoría de la gente se refiere a ellas cuando dice creer algo. Las creencias reflexivas constituyen opiniones y preferencias. No son rápidas y automáticas sino conscientes, tardan tiempo en formarse y pueden coincidir o no con las creencias irreflexi-

vas. Después de sopesar la información, examinar los datos y considerar los pros y los contras, alcanzas una decisión con respecto a creer algo o no creerlo. Vale, de acuerdo, ya vimos en el capítulo 4 con qué profundidad se dedica la mayoría de la gente a esta empresa, y lo difícil que resulta elaborar juicios racionales. Lo mismo ocurre con las creencias reflexivas. Al igual que sucedía con los juicios morales, la gente también llega a ellas tras un mínimo de reflexión. Tanto las creencias reflexivas como las irreflexivas pueden ser verdaderas o falsas, y pueden ser demostrables o justificables o no serlo.

La diferencia interesante entre estos dos tipos de sistemas de creencias es cómo distinguir cuál de ellos está actuando en un momento determinado. Habitualmente, la conducta nos dice si el sistema de creencias que está actuando en alguien es el automático, irreflexivo e inconsciente, mientras que la mejor prueba de que alguien está guiándose por el sistema de creencias consciente son sus afirmaciones verbales, concuerden o no con la conducta. Aunque digas que no crees en fantasmas, al pasar junto al cementerio por la noche seguirás apretando el paso. Aunque pienses que no hay diferencia entre la mente y el cerebro, entre cuerpo y alma, seguirás actuando como si hablásemos con una mente en vez de con un montón de células y sustancias químicas.

Barrett nos cuenta que las creencias irreflexivas afectan a las reflexivas. Para empezar, las creencias irreflexivas son el modo por defecto. Si nunca se te ha presentado una situación que te obliga a poner en entredicho tu creencia irreflexiva, eso es lo que creerás. Hasta que no te enteras de la existencia de la Venus atrapamoscas no cambias tu creencia intuitiva de que las plantas no son carnívoras, y hasta que no te enteras de la existencia de la Mimosa sensitiva no cambias tu idea de que las plantas no se mueven por sí solas. Tus creencias intuitivas son suposiciones que funcionan. Estos dos tipos de plantas son raros, así que la suposición de que las plantas no son carnívoras y no se mueven funciona bastante bien. Es mucho más fácil que sostener un pedazo de jamón ante cada nueva planta con la que te encuentras para determinar si es carnívora.

Además, cuanto más concuerda con una creencia irreflexiva, más verosímil parece una creencia reflexiva, más intuitiva y más fácil de aprender o aceptar. Si te digo que una mesa es un objeto sólido que no se mueve, esto concuerda con tus creencias intuitivas sobre objetos que no están vivos. Es algo fácil de creer. Sin embargo, si un físico te dice que ningún objeto es sólido, sino que cualquier objeto no es más que un montón de átomos que se mueven sin parar, eso es algo difícil de creer. Al igual que lo que sucedía con los juicios morales, si la creencia reflexiva confirma el modo de ver del mundo que ya tenemos, se acepta más fácilmente. La otra manera en que las creencias irreflexivas influyen en las reflexivas es determinando la memoria y la experiencia. Para formar un re-

cuerdo, primero hay que percibir algo. ¡Ziip!, la percepción es canalizada a través de tus detectores y generadores de perfiles, que van seleccionando y editando la información. El intérprete unifica todos los resultados de este proceso en un resumen que tiene sentido y lo archiva en la memoria. Es fruto de una edición previa por parte de tu sistema de creencias irreflexivas, y ahora estás recurriendo a ello como información válida para ser usada en la formación de creencias reflexivas. Esta información puede ser completamente falsa, y equivale a basarse en pruebas anecdóticas para elaborar un juicio moral en el que podría inferirse la causa equivocada de un efecto. No sólo eso, una vez formas una creencia reflexiva basándote en esta información, esa creencia reflexiva, si se combina con otra creencia reflexiva, puede hacerse más sólida o proporcionar solidez a otra.

Si mi amiga me dice que tiene miedo a las alturas y me pregunta si yo también, al contestar quizá recuerde aquella ocasión en que me asomé al borde del Gran Cañón y tuve esa subida de catecolaminas que me produjo una sensación de miedo. Mi cerebro interpretó que la causa de esa sensación era el hecho de asomarme al borde del Cañón, pero la causa real fue la subida de catecolaminas. En realidad, puede que no fuese el hecho de asomarme al borde lo que la produjo; puede que fuese el recuerdo de una antigua caída de una escalera, que vino a mi mente al asomarme al borde del Cañón. La verdadera razón de la subida no es aquello de lo que eres consciente; es la interpretación que tu cerebro hace de la subida. Tal vez no sea la interpretación correcta, pero se ajusta a las circunstancias. Ahora tienes una creencia falsa. Crees que la sensación tuvo su origen en el hecho de asomarte al borde del Cañón. Esta creencia falsa puede ser usada cuando en el futuro reflexiones sobre las alturas. Recordarás que te asustaste al asomarte ahí, y este recuerdo puede hacer que te mantengas alejado de los sitios altos y que formes la creencia reflexiva de que tienes miedo a las alturas.

Las creencias reflexivas requieren más tiempo. Si te fuerzo a responder a una pregunta en pocos segundos, lo más probable es que me respondas con tu creencia irreflexiva.[45]

Así pues, en las raras ocasiones en que somos «profundos» debido a que no se ha activado una creencia irreflexiva por defecto, o que por alguna razón nos cuestionamos una creencia automática, y estamos realmente dedicando tiempo a reflexionar para formarnos lo que tan alegremente consideramos una creencia informada, la mayor parte de la información que extraemos de los recuerdos y la experiencia pasada está claramente influida por nuestras creencias intuitivas e irreflexivas, algunas de las cuales pueden ser falsas. Es muy difícil separar lo intuitivo de lo verificable, por mucho que sea eso lo que

pensamos que estamos haciendo. Sería como resolver un problema de matemáticas que implica varios pasos, tener mal la respuesta al primer paso y aun así estar seguros de que es la correcta y utilizarla para completar el resto del problema. Y no olvidemos que la emoción también pasa a formar parte del proceso. ¡Vaya lío!

Afortunadamente, el conjunto del proceso se ha perfeccionado para favorecer la adaptación y la supervivencia, y en general capta las cosas bastante bien, aunque no siempre. O debería decir que las captaba bastante bien en el entorno evolutivo. Separar lo verificable de lo no verificable es un proceso consciente y tedioso que la mayoría de las personas están poco dispuestas a hacer, o son incapaces de ello. Requiere energía, perseverancia y entrenamiento. Puede ser contraintuitivo. Se llama pensamiento analítico. No es común y es difícil de llevar a cabo. Puede ser incluso caro. Es de lo que se trata al hacer ciencia. Es exclusivamente humano.

Por tanto, tenemos este sistema que generalmente funciona pero que en ocasiones comete errores, los cuales pueden provocar en nosotros algunas creencias equivocadas. Como dice el viejo adagio, «obras son amores y no buenas razones». Nuestras acciones tienden a reflejar los pensamientos o creencias automáticos e intuitivos. Somos dualistas porque nuestros procesos cerebrales han sido seleccionados a lo largo de la evolución para organizar el mundo en categorías específicas y asignar a éstas diferentes propiedades. Resulta, no obstante, que nosotros mismos pertenecemos a dos categorías distintas cuyas propiedades difieren. Somos objetos animados, sometidos a las leyes físicas de los objetos animados, pero también tenemos propiedades psicológicas e imperceptibles, no sometidas a las leyes de la física. ¡No hay problema! Cogeremos un poco de aquí y un poco de allá y ¡Tachán!: un cuerpo físico y biológico junto a una esencia psicológica inobservable, dos cosas en una. Como hubiese dicho Descartes, «*pas de probléme!*».

## Conclusión

Hemos visto que compartimos con otros animales ciertas capacidades de ámbito muy específico, como asustarnos de las serpientes y reconocer a otros animales como depredadores. También compartimos con otros animales parte de nuestra física intuitiva, como la permanencia y la gravedad de los objetos y, como se ha señalado en capítulos anteriores, cierta psicología intuitiva rudimentaria (una teoría de la mente). Sin embargo, las especies difieren con respecto a sus ámbitos específicos. La comprensión intuitiva de la física que

tenemos los seres humanos es más amplia que la de los otros animales. Comprendemos que existen fuerzas invisibles. Los datos actuales disponibles sugieren que somos los únicos animales que razonan sobre fuerzas inobservables. Somos los únicos que forman conceptos sobre cosas imperceptibles y que intentan explicar un efecto a partir de algo que lo ha causado. También usamos en los campos biológico y psicológico estas mismas capacidades para razonar sobre cosas imperceptibles y explicarlas. Comprendemos que los otros seres vivos tienen una esencia invisible que es independiente de su apariencia, aunque podamos estar confundidos acerca de la naturaleza exacta de esta esencia. Esta capacidad de preguntarse por fuerzas imperceptibles y razonar sobre ellas es importantísima. Sin duda despertó la curiosidad que, combinada con el pensamiento analítico consciente, es la piedra angular de la ciencia, si bien esta misma curiosidad nos ha llevado a otros modos, menos rigurosos, de explicar fuerzas imperceptibles como los mitos, la pseudociencia y las leyendas urbanas.

# Capítulo 8
# ¿HAY ALGUIEN AHÍ?

*Al igual que los cambios del cerebro son continuos, lo mismo ocurre con todas esas conciencias mezcladas unas con otras como visiones que se disuelven. En realidad, no son más que una sola conciencia prolongada, una corriente ininterrumpida.*

WILLIAM JAMES, *Principios de la psicología*, 1890

El problema de la atención consciente me ha intrigado desde que iba a la universidad. Lo que sigue no es una historia acerca de largas tertulias universitarias sobre el sentido de la vida. Es una historia sobre la fascinación que me inspiraban mis compañeros de universidad. Verán, yo era miembro de la legendaria hermandad de la Casa de los Animales en el Dartmouth College, y era la Jirafa. Fue una época increíble.

En realidad, fui un muchacho bastante formal hasta la fiesta del Green Key Weekend* de mi tercer año en la universidad. Mi padre y yo teníamos un trato: si yo aguantaba sin beber alcohol hasta los 21 años, él me daría entonces un cheque de quinientos dólares. Pero los hermanos de mi fraternidad me dijeron que el zumo de uva con vodka era una bebida fantástica. De modo que, envalentonado por el espíritu del momento, me lancé a tomar mi primera copa. Era un día caluroso, y unas cinco copas más tarde declaré que esto de beber no era nada del otro mundo, me levanté del sofá, di un paso y me desmayé.

Por supuesto, la verdadera lección consistía en cambiar el estado consciente normal de un veinteañero. ¿Por qué nos gusta tanto cambiar nuestro estado de conciencia, nuestra apreciación y sensaciones del mundo que nos rodea?

* El Green Key Weekend es una fiesta anual organizada por la Green Key Society, una agrupación de estudiantes del Dartmouth College. La fiesta se celebra durante un fin de semana de mayo (viernes y sábado), y es notoria por las excentricidades y desmanes de los asistentes. *(N. del t.)*

Bebemos, fumamos, tomamos cortados, intentamos conseguir tranquilizantes e incluso perseguimos la euforia producida por las endorfinas al hacer deporte. Estamos siempre tratando de manipular un aspecto de nuestra existencia que todavía no sabemos cómo definir: la experiencia fenoménica consciente.

La conciencia viene en muchos colores y sabores. Cualquiera que haya enseñado en una clase de primer curso en la universidad, o asistido a la clase de las ocho de la mañana del viernes, los habrá visto todos. En la fila trasera suele haber un par de miembros de la sociedad de amantes de la fiesta dormitando, tras una larga noche celebrando que el fin de semana está más cerca. Estos dos no están conscientes. Un par de filas más adelante está el conquistador, controlando a la tía buena al otro lado del pasillo y preguntándose si podrá conseguir una cita. Es consciente, pero no de ti; tampoco lo son las tres chicas de más abajo, que se pasan notitas conteniendo la risa. Otro está grabando la clase con un magnetófono mientras termina un trabajo de otra asignatura; será consciente de ti más tarde. Los muchachos de la primera fila están sorbiendo su café, tomando notas furiosamente y asintiendo con la cabeza de vez en cuando; por lo menos ellos son conscientes de ti. Aunque la mayoría de la gente no se sienta a reflexionar sobre el problema de la conciencia, sí habla muchísimo de ello. Después de la clase, escuchas sin querer lo que una estudiante le dice a otra: «Al final me di cuenta [me hice consciente] de que era un imbécil, el tío no prestaba ninguna atención a lo que yo le decía y era consciente solamente de lo que decía el locutor que retransmitía el partido. Genial si te van los deportes, pero si quieres a alguien que [sea consciente y] se acuerde de cuándo es tu cumpleaños, olvídalo. Lo mandé a paseo sin pensarlo ni un momento».

Hemos hablado mucho de dos aspectos del funcionamiento cerebral: por un lado los procesos inconscientes, y por otro los conscientes, que el investigador Michael Posner, de la Universidad de Oregón, llama procesos de alerta. Ya hemos visto que una cantidad considerable de procesamiento, incluso podríamos decir que la mayor parte del mismo, tiene lugar sin que seamos conscientes de ello: es clandestino. No ha resultado fácil averiguar el contenido de todos los procesos no conscientes que han sido desvelados hasta la fecha, por la simple razón de que no afloran en nuestra conciencia. Los investigadores han tenido que diseñar astutos experimentos para revelar su presencia.

Esto puede llevarnos a pensar que el estudio de la conciencia debería ser un poco más fácil. Pero, como señalan los neurocientíficos franceses Stan Dehaene y Lionel Naccache, nuestro objeto de estudio es en este caso una respuesta introspectiva, y no una que sea posible medir de forma objetiva.[1] Curiosamente, los mismos informes subjetivos fruto de la introspección nos proporcionan

algunas pistas. Mis estudios con pacientes de cerebro dividido han revelado que la introspección puede estar equivocada.[2] En realidad, sin darnos cuenta fabricamos historias para explicar los fenómenos observables, pero esta fabulación es a la vez una pista en sí misma, una pista que abordaremos un poco más adelante. Nuestra propia naturaleza dualista también ha sido un obstáculo en el camino hacia el esclarecimiento de los mecanismos de la conciencia.[3] Hay quienes sienten que la esencia de la conciencia no puede tener una explicación física, que es algo tan prodigioso que no es posible explicarlo mediante módulos y neuronas, sinapsis y neurotransmisores. Que nos las arreglaremos sin ellos. Hay otros que piensan que sí es posible. Por mi parte, encuentro todavía más prodigioso y fascinante ser capaces de explicar la conciencia a partir de módulos, neuronas, sinapsis y neurotransmisores. Tal vez no sea atractivo ni trascendental, pero resulta ciertamente fascinante.

## El misterio sin resolver

Uno de los misterios de la conciencia es el de cómo una percepción o información entra en ella desde las profundidades no conscientes. ¿Hay un guardián en la puerta que sólo deja entrar cierta información? ¿A qué información se permite entrar? ¿Qué es lo que determina su paso? ¿Qué ocurre después de eso? ¿Cómo se forman ideas nuevas? ¿Qué procesos contribuyen a la conciencia? ¿Son igualmente conscientes los animales, o existen grados de conciencia? ¿Es única nuestra conciencia? La cuestión de la conciencia ha sido en cierto modo como el santo grial de la neurociencia. Si me dices que tienes interés en saber exactamente qué partes del cerebro están activas cuando eres consciente de algo —una flor, un pensamiento, una canción—, estás preguntando por lo que se conoce como los «correlatos neurales de la conciencia» (CNC). No eres el único en esta búsqueda. Nadie sabe exactamente lo que ocurre, pero hay un montón de propuestas. Así que veamos cómo se han contestado muchas de esas preguntas y cuáles son las teorías que se barajan sobre el resto.

Muchos investigadores han propuesto definiciones y criterios para diferentes niveles de conciencia, hasta el punto de que la cosa se ha complicado bastante.[4, 5] Los niveles progresivos de la conciencia se denominan comúnmente «inconsciencia», «conciencia», «autoconciencia» y «autoconciencia reflexiva», que significa saber que se es autoconsciente.

Antonio Damasio saca su escalpelo y hace un corte aún más profundo en la conciencia, dividiéndola en sólo dos rodajas: la conciencia central y la conciencia extendida.[6] La conciencia central es lo que pasa cuando el interruptor

está encendido, y un organismo está despierto y es consciente de un momento, el ahora, y de un lugar, el aquí. Está alerta y no se preocupa por el futuro ni por el pasado. Esta conciencia no es consciente de sí misma y no es exclusiva de los seres humanos. Es, sin embargo, el fundamento necesario para edificar niveles de conciencia cada vez más complejos, que Damasio denomina «conciencia extendida». La conciencia extendida es en lo que normalmente pensamos cuando pensamos en ser conscientes. La conciencia extendida es compleja y está constituida por muchos niveles. Por ejemplo, un nivel de conciencia es ser consciente del entorno en que uno está y de la tarta de chocolate que hay en la mesa. Otro es ser consciente de ellos y saber que no son como ayer y que pueden ser distintos mañana. (La tarta no estaba ahí ayer, y con toda probabilidad no estará mañana, o sea, que ¡disfrútala ahora!) Estos aspectos de la conciencia tienen que ver con el contenido, los componentes de la experiencia consciente. El nivel superior es saber que uno es consciente de su entorno y, se podría añadir, saber lo que esta tarta podría hacerle a tu línea, y preocuparse. Sé con certeza que los perros no se preocupan por su línea. Para ello se requiere el yo autobiográfico.

Lo que queremos saber es si hay un modo sistemático en que el procesamiento de la información alcanza la conciencia y, si lo hay, cuál es, cómo funciona y qué aspectos de este sistema podrían ser exclusivamente humanos. Para averiguarlo, vamos a empezar con un poco de neuroanatomía pura y dura, incluido lo que hemos aprendido de personas con distintas lesiones cerebrales y a partir de estudios de neuroimágenes. Luego veremos algunas teorías.

## LA BASE FÍSICA DE LA EXPERIENCIA CONSCIENTE

Primero, necesitamos saber qué áreas cerebrales se requieren para la conciencia central, el interruptor en posición de «encendido». Empieza en el tronco del encéfalo. El tronco del encéfalo* es la parte inferior del cerebro, una prolongación estructural de la columna vertebral y la primera estación en el trayecto a la corteza. Es una estructura evolutivamente antigua. Todos los vertebrados

* El tronco del encéfalo está implicado en la modulación de las actividades del sistema autonómico, el hambre y la regulación del peso corporal, las funciones neuroendocrinas, la conducta reproductora, la agresión y las tendencias suicidas; en mecanismos subyacentes a la atención y al aprendizaje; en el control motor y en los mecanismos de recompensa que subyacen a la motivación; y en suministrar el efecto gratificante de los opiáceos. Es esencial para el control homeostático en general.

tienen un tronco del encéfalo, pero no todos los troncos están compuestos por los mismos tipos de neuronas. El tronco del encéfalo es un lugar complicado. Es como esos subsótanos de los rascacielos, llenos de tuberías, conductos de ventilación, cables e indicadores conectados con el resto del edificio. Se ocupan de que todo funcione a la perfección, pero nadie de la planta treinta y cuatro piensa siquiera en ellos. Si desconectáramos algunos de los cables, los de la planta treinta y cuatro sabrían que algo va mal, las luces, la fuerza o los teléfonos. Si desconectáramos todos los cables, se apagaría todo.

Al igual que los de la planta treinta y cuatro, no tienes ni idea de lo que ocurre en tu tronco del encéfalo. No eres consciente de que diferentes grupos de neuronas, conocidos como núcleos, están transmitiendo señales procedentes de todo el cuerpo, relacionadas con el estado actual del aparato digestivo, el corazón, los pulmones, el equilibrio y el sistema musculo-esquelético a partes más elevadas del cerebro, mediante conexiones que tanto emiten como reciben información en forma de impulsos. La tarea principal de estos núcleos del tronco del encéfalo es la regulación homeostática tanto del cuerpo como del cerebro. Son fundamentales para el control cardiovascular, respiratorio e intestinal. Si desconectamos el tronco del encéfalo, el cuerpo muere. Esto es así en todos los mamíferos.

Estos grupos de neuronas tienen sus dendritas tocando muchas teclas. Algunos son necesarios para la conciencia y están conectados con los núcleos intralaminares del tálamo (ILN, por sus siglas en inglés). Otros son necesarios para modular la conciencia, al modo de un reóstato; constituyen parte del sistema general de activación (arousal) del sistema nervioso. Están conectados con el prosencéfalo basal,* con el hipotálamo y directamente con la corteza.[7] Nuestros amantes de la fiesta no están irreversiblemente inconscientes. Si les

* El prosencéfalo basal está situado donde su nombre sugiere: es un grupo de estructuras localizadas cerca de la base de la parte frontal del cerebro. Estas estructuras son importantes en la producción cerebral de una sustancia química ampliamente distribuida por todo el cerebro llamada acetilcolina, relacionada con la capacidad de las células cerebrales de transmitirse información unas a otras. Las neuronas del prosencéfalo basal que usan acetilcolina como neurotransmisor químico en la sinapsis (neuronas colinérgicas) están implicadas en la atención y la memoria. La inhibición de la acetilcolina es uno de los mecanismos para producir sueño. Recientemente se ha demostrado que el hipotálamo posterior también desempeña un papel destacado en el estado de activación y el sueño, y que tiene neuronas que actúan como conmutadores [J. G. Sutcliffe e I. De Lecea, «The hypocretins: Setting the arousal threshold», *Nature Reviews Neuroscience*, nº 3, 2002, págs. 339-349.] o circuitos secuenciales entre el sueño y la vigilia [C. B. Saper, T. E. Scammell y L. Jun, «Hypothalamic regulation of sleep and circadian rhythms», *Nature*, nº 437, 2005, págs. 1.257-1.263].

pellizcamos o les arrojamos agua fría, se despertarán. Su conciencia estaba siendo modulada por el sistema de activación a través de las conexiones que pasan por el prosencéfalo basal y el hipotálamo.

La conciencia central es el primer paso hacia la conciencia extendida. Si desconectamos el cableado de la conciencia central, ni el pellizco ni el agua fría despertarán a nadie. Es aquí donde las protagonistas estelares son las neuronas que conectan el tronco del encéfalo con los núcleos intralaminares del tálamo. En el tálamo hay dos núcleos intralaminares, uno en la parte derecha y otro en la izquierda. El tálamo es del tamaño aproximado de una nuez y está sentado a horcajadas en la línea media, en el mismísimo centro del cerebro. Si causamos pequeñas lesiones bilaterales en puntos estratégicos de los núcleos intralaminares del tálamo, apagaremos la conciencia para siempre, aunque no bastará con una lesión en sólo uno de los núcleos.[8] Si estos núcleos intralaminares del tálamo no reciben sus aferencias de las conexiones con el tronco del encéfalo, quedan igualmente inservibles. Así pues, ya tenemos el primer paso en el camino hacia la conciencia: la conexión del tronco del encéfalo con el tálamo debe estar activa, y por lo menos uno de los núcleos intralaminares ha de estar sano y en funcionamiento.

¿Adónde se dirigen los circuitos que salen del tronco del encéfalo, más allá de los núcleos intralaminares? Vayan adonde vayan, algunos también tienen que estar implicados en la conciencia. Ahora bien, el tálamo, del cual forman parte los núcleos intralaminares, es un tipo bien conectado. Tiene conexiones neuronales con regiones específicas en toda la corteza, las cuales envían de nuevo conexiones directamente al tálamo. Tiene también «bucles de conexión», que más tarde se revelarán importantes en nuestra explicación. Los propios núcleos intralaminares están conectados con la porción anterior de la corteza cingulada. Las lesiones en cualquier punto situado entre el tronco del encéfalo y la corteza cingulada pueden alterar la conciencia central.

Al parecer, la corteza cingulada es el lugar en que se solapan la conciencia central y la conciencia extendida. La corteza cingulada está situada encima del cuerpo calloso, el gran haz de neuronas que conecta los hemisferios izquierdo y derecho. Damasio explica que los pacientes con lesiones en la corteza cingulada padecen alteraciones tanto de la conciencia central como de la extendida, si bien a veces pueden recuperar la conciencia central.

Entonces, si la corteza cingulada está implicada en la conciencia extendida, ¿está asimismo bien conectada? Durante la ejecución de tareas conscientes, se activan las conexiones entre la corteza cingulada y las áreas cerebrales que sustentan las cinco redes neurales para la memoria, la percepción, la acción motora, la evaluación y la atención. Además, está ocurriendo otra cosa. Mientras

nos enfrascamos en un amplio abanico de tareas conscientes que requieren diferentes tipos de actividad cerebral, siempre se activa también otra área del cerebro, junto con la corteza cingulada anterior. Se trata de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL). Y no es ninguna coincidencia que estas dos últimas áreas tengan conexiones recíprocas (más bucles). Por otra parte, en la corteza cingulada anterior existe un tipo particular de célula fusiforme de larga distancia presente únicamente en los grandes simios.[9] Y, como se puede adivinar, la CPFDL es también un semillero de conexiones con las mismas cinco redes neurales mencionadas antes.* En el capítulo 1 describíamos las diferentes capas de la corteza. En su mayoría, estas neuronas de larga distancia tienen su origen en las células piramidales de las capas II y III. Estas capas son de hecho más densas en la CPFDL y en la corteza parietal inferior.

### *Conciencia extendida y modularidad*

Estamos llegando a áreas cerebrales más especializadas. Si sufren daños, el resultado es la pérdida de una capacidad específica, no de la conciencia misma. A lo largo de este libro, se ha hablado mucho de módulos en el cerebro y de que cada uno hace su contribución específica. La idea de un módulo de neuronas dedicado a tareas específicas como la reciprocidad o la detección de tramposos es fascinante, y la modularidad del cerebro se hace todavía más manifiesta cuando las lesiones en las mismas partes específicas de cerebros distintos causan el mismo déficit específico, como, por ejemplo, la incapacidad de reconocer caras familiares. Lo curioso es que no nos sintamos tan fragmentados. Ésta es una de las razones por las que encontramos estos módulos tan fascinantes (y por las que la misma idea de un cerebro modular resulta difícil de creer). «¿Mi cerebro está haciendo esto? ¡Qué locura!» No, no tenías ni idea, porque estos módulos están trabajando de forma automática, clandestina, por debajo del nivel de conciencia. Por ejemplo, si ciertos estímulos engañan a nuestro sistema visual para que fabrique una ilusión, el hecho de hacernos conscientes de que hemos sido engañados no hace desaparecer la ilusión. Esta parte del sistema visual no es accesible al control de la conciencia. Recordemos que to-

* A través de conexiones con el lado posterior de la corteza cingulada, la corteza parietal inferior y la corteza temporal superior (todas implicadas en la atención), la corteza parahipocampal (en la memoria), la corteza neoestriatal (en el procesamiento sensorial) y la corteza premotora.

dos estos procesos inconscientes están también contribuyendo y determinando lo que emerge a la superficie de la conciencia. Otra cosa que debemos tener en mente es que algunas cosas simplemente no pueden ser procesadas de manera inconsciente. El examen de trigonometría de secundaria quizá fue, por desgracia, un primer aviso de ello.

Si la conciencia requiere de las aferencias de diversos módulos, el otro problema que hay que tener en cuenta es la conectividad. En el primer capítulo vimos que hay un número limitado de conexiones por neurona, y cuantos más módulos haya, menos interconectados estarán. Sólo pensar esto, el mero número de neuronas y sus conexiones, uf, hace que la cabeza te dé vueltas. El cerebro humano tiene aproximadamente cien mil millones de neuronas, y cada una, por término medio, se conecta con otras mil. Una multiplicación consciente rapidita nos revela que hay cerca de cien billones de conexiones sinápticas. Entonces, ¿cómo encajar e integrar toda esta información en un todo coherente? Para decirlo antropomórficamente, ¿cómo se las arregla un módulo para saber lo que están haciendo los demás? ¿Realmente lo sabe? ¿Cómo obtener orden a partir de este caos de conexiones? A pesar de que no siempre lo parezca, nuestra conciencia está bastante relajada y tranquila, teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que bombardean el cerebro y todo el procesamiento que está llevando a cabo. De hecho, es como si nuestra conciencia se tomase el día libre para ir a jugar al golf, como el gerente de una gran empresa, mientras todos sus subalternos están trabajando. De vez en cuando escucha lo que éstos le dicen, toma una decisión y luego se va a tomar el sol. Ah,... ¿será por eso que a ciertos tipos de procesamiento cerebral se les llama funciones ejecutivas?*

## *Más allá de la modularidad*

Los partidarios de la modularidad reconocen que no todas las actividades mentales pueden explicarse mediante módulos. A veces hay que salir de ese cubículo y comunicarse con otros cubículos. En cierto punto a lo largo de la ruta del procesamiento, la información procedente de los módulos debe ser sintetizada, ensamblada y empaquetada, o ignorada, suprimida e inhibida. He aquí el gran misterio. ¿Cómo ocurre esto? Hay cierto procesamiento controlado en mar-

* Término acuñado por Alan Baddeley en *Working Memory*, Oxford, Clavendon Press, 1986.

cha, y debe de haber un mecanismo que facilite enlaces flexibles entre estos módulos de procesamiento. Se han sugerido muchos modelos teóricos de este mecanismo, entre ellos el ejecutivo central,[10] el sistema atencional supervisor,[11] el sistema atencional anterior,[12, 13] el espacio global de trabajo[14] y el núcleo dinámico.[15]

¿Qué procesos es necesario aunar? En la conciencia humana existen ciertos componentes, que podemos imaginarnos fácilmente con sólo pensar en qué herramientas mentales de tipo general utilizamos. Al hacerlo estamos accediendo a nuestra conciencia y podemos identificar aquello de lo que somos conscientes. Supongamos que te mantienes consciente mientras lees este párrafo y que todavía no has cerrado el interruptor de tu estado de activación. Quizá tu mente ha empezado a divagar, preguntándose adónde ir de vacaciones el próximo verano o de qué color pintar la cocina. Tus pensamientos conscientes requieren cierta forma de atención o bien a estas palabras, o bien a vistas de la Costa Azul. Tal vez estés utilizando memoria a corto plazo (memoria de trabajo) para no perder el hilo de lo que acabas de leer, o memoria a largo plazo para llevar a tu mente tus pasadas vacaciones o el color de la cocina de tus amigos. También estás usando tus percepciones visuales y tu capacidad de lenguaje al leer esto y, lo más probable, al formular tu representación de esas tardes soleadas tomando sorbos de pastís. Tal vez estés hablando contigo mismo en silencio (fenómeno conocido como «habla interior»), enumerando las razones por las que estas vacaciones son una buena idea. Todo esto no es lo único que contribuye a tu conciencia actual, también lo hacen tus emociones y deseos. En cuanto estén en marcha todos estos mecanismos, al final serás capaz de razonar sobre lo que he escrito y hacerlo encajar con lo que sabías previamente, o de imaginar cómo convencer a tu mujer para alquilar esa villa. Lo bueno es que no estás pensando en tus impuestos o en recoger el traje de la tintorería... oh, vaya, ahora sí lo estás haciendo. Esto es un ejemplo de atención de arriba abajo (*top-down*).

Debemos explicar dos fenómenos. Uno es que tenemos la sensación de que nuestros pensamientos discurren de manera libre y coherente, y de que están bajo nuestro control. Normalmente no nos sentimos como si fuéramos un operador de radio de la policía, recibiendo informes procedentes de cientos de miles de fuentes distintas y decidiendo qué es importante o útil y qué no lo es, o como la enfermera de urgencias, ordenando la información entrante en función de su importancia y gravedad; pero de algún modo es precisamente esto lo que sucede en nuestro cerebro. Mira lo que hay a tu alrededor, en la habitación en la que te encuentras, y luego cierra los ojos. ¿Has visto polvo? ¿Cuántos lápices y bolígrafos hay en la mesa o despacho? ¿Se ven pájaros o

flores en la ventana? ¿Acaso polvo en la pantalla del ordenador? ¿Cuántos libros más hay en la habitación? ¿Quiénes son sus autores? Toda esta información está entrando a través de tus ojos, siendo percibida, procesada y seleccionada inconscientemente, pero no toda logra emerger al nivel de la conciencia (afortunadamente) hasta que no diriges tu atención hacia ella. También tenemos que explicar cómo nos las arreglamos para tener un sentido de quienes somos, de nuestra propia autobiografía, y por qué, si bien nuestra conciencia cambia minuto a minuto, nuestro sentido del yo consciente no cambia. De alguna manera, la información está siendo integrada en un todo coherente.

## El guardián de la puerta de la conciencia: la atención

Sólo cierta información consigue emerger a la conciencia. Es una lucha de titanes que tiene lugar en nuestro cerebro. Según ciertos experimentos, para que un estímulo alcance la conciencia necesita estar presente durante un periodo de tiempo mínimo, así como tener cierto grado de claridad. Sin embargo, esto no es ni mucho menos suficiente. El estímulo debe mantener una interacción con el estado atencional del observador. Esto puede ocurrir de dos maneras, que se denominan «procesamiento de arriba abajo» (*top-down*) y «procesamiento de abajo arriba» (*bottom-up*). No se sabe exactamente qué es lo que pasa ahí, pero Stan Dehaene, Jean-Paul Changeux, neurocientífico del Instituto Pasteur de París, y varios colaboradores sugieren que el modo *top-down*, cuando dirigimos conscientemente nuestra atención a algo, podría ser el resultado de la actividad de las neuronas talamocorticales, los bucles que he mencionado antes. En el modo *bottom-up*, según indican, las señales sensoriales procedentes de la actividad inconsciente tienen tanta fuerza que pueden reorientar la amplificación *top-down* hacia ellas.[16] Esto es lo que ocurre cuando nuestra atención es capturada sin que medie control de nuestra conciencia. Por ejemplo, estás concentrado en un proyecto que tienes en marcha, cuando de repente te das cuenta de que estás oyendo la alarma antiincendios.

Aquí hay que tener en cuenta un punto importante: la atención y la conciencia son cosas distintas. En primer lugar, los procesadores corticales controlan la orientación de la atención. Aunque haya un control voluntario *top-down*, también puede haber señales *bottom-up* de tipo no consciente, de una magnitud tal que pueden atraer parte de la atención. Esto es algo que experimentamos todo el tiempo: Piensas conscientemente en un proyecto en el que estás trabajando, cuando tus pensamientos te llevan a otra parte, aparentemente fuera de tu control. En segundo lugar, aunque la atención esté presente, puede

no bastar para que un estímulo logre aflorar en la conciencia.[17] Estás leyendo ese artículo sobre la teoría de las cuerdas, tus ojos están enfocados, estás mascullando las palabras para ti mismo, pero nada de esto logra llegar a tu cerebro consciente, y quizá nunca lo logre.

## Alteraciones selectivas de la conciencia

Las lesiones cerebrales del lóbulo parietal que afectan a la atención también pueden afectar a la conciencia. Esto se manifiesta de un modo espectacular en las personas que padecen lesiones, normalmente causadas por un ataque en el lóbulo parietal derecho, que causan alteraciones de la atención y la conciencia espacial. Estas personas a menudo se comportan como si la parte izquierda de su mundo, incluyendo la parte izquierda de su cuerpo, no existiese. Si fueses a visitar a una de esas personas, y entrases en la habitación por la izquierda, no se daría cuenta de que estás ahí. Si le sirvieses la cena, ¡sólo comería lo que hay en la mitad derecha del plato! Se habría afeitado sólo la parte derecha de la cara (o, si es una mujer, se habría maquillado sólo la parte derecha), te leería sólo la página derecha de un libro o periódico, y si le pidieses que dibujase un reloj o una bicicleta, dibujaría sólo la mitad derecha. Pero lo que resulta realmente extraño es que no se dan cuenta de que algo vaya mal. No son conscientes de su problema.

Este síndrome es conocido como «heminegligencia». Implica la falta de conciencia de los episodios perceptivos localizados en el lado opuesto al hemisferio de la lesión (por ejemplo, en el lado izquierdo a consecuencia de una lesión en el hemisferio derecho), así como la pérdida de otras acciones que normalmente se dirigirían hacia ese lado.[18] Algunos pacientes quizá desatiendan la mitad de su cuerpo, intentando levantarse de la cama sin mover el brazo o la pierna derechos, aunque no tengan ningún déficit motor en ese lado. La negligencia también puede estar presente en la memoria y la imaginación. Un paciente, al que se le pidió que describiese de memoria la vista desde un extremo de una plaza, lo hizo sólo de la mitad derecha, pero cuando se le pidió que lo hiciese desde el otro extremo mirando hacia atrás, describió la otra mitad sin ninguna referencia a lo que acababa de describir desde la otra dirección.[19] Este fenómeno indica que nuestro yo autobiográfico deriva de nuestras cavilaciones conscientes. Si no somos conscientes de él, no existe.

Muchos pacientes con heminegligencia no se dan cuenta de que se estén perdiendo ninguna información. Este fenómeno es conocido como «anosognosia». Si su lesión les causa también parálisis, no son conscientes de ella. Te

dirán que el brazo inerte en su costado pertenece a otra persona. Serán conscientes de que se les ha diagnosticado un déficit, pero tal vez se nieguen a creérselo. Un paciente afirmó que «ya sabía que la palabra "negligencia" es una especie de término médico para alguna cosa que va mal, pero la palabra me intrigaba, porque sólo puedes desatender algo que está realmente ahí, ¿no? Si no está ahí, ¿cómo puedes desatenderlo? No me parece bien que se utilice la palabra "negligencia" para describirlo. Pienso que "concentrarse" es un término mejor. Decididamente se trata de concentración. Si estoy andando por ahí y hay algo que se interpone en mi camino, cuando estoy concentrado en lo que hago lo veré y podré evitarlo. A la menor distracción, no lo veré».[20]

Como apunta este paciente, lo curioso de la heminegligencia es que, pese a ser posible que vaya acompañada de una pérdida real en los sistemas sensorial y motor, también puede producirse cuando todas las modalidades sensoriales y todos los sistemas músculo-esqueléticos funcionan a la perfección. La negligencia parece ser una pérdida de conciencia consciente de los estímulos procedentes de estos sistemas. De hecho, si presentamos un estímulo visual a los lados derecho e izquierdo simultáneamente, los pacientes con heminegligencia izquierda dicen ver sólo el estímulo derecho, y no parecen ser conscientes del estímulo izquierdo. Sin embargo, si presentamos el mismo estímulo visual izquierdo aislado, de modo que impacte en el mismo punto exacto de la retina, sin ningún estímulo visual derecho, el estímulo izquierdo es percibido correctamente. Si no hay competencia de la parte normal, es posible percibir la parte desatendida.

Mi equipo y yo fuimos los primeros en estudiar este fenómeno en un estudio controlado, hace cerca de veinticinco años. Bruce Volpe, Joseph LeDoux y yo nos hicimos la siguiente pregunta: «¿Es posible que la información del campo desatendido se use de forma no consciente?». Para responderla, presentamos imágenes o palabras, una a cada campo visual. Lo único que el paciente de heminegligencia tenía que hacer era decir si las dos palabras o imágenes eran la misma o no. Ahora bien, hay que recordar que, como sufrían de heminegligencia, cuando se presentaba a cada campo visual cierto tipo de estímulo, ellos siempre afirmaban verbalmente que veían conscientemente un solo estímulo, que se presentaba a su hemisferio izquierdo (el hemisferio del lenguaje). No obstante, cuando se les pedía que juzgaran si las palabras o imágenes eran las mismas o diferentes, respondían muy bien. En resumen, de algún modo, en algún lugar del cerebro, la información se combinaba, y era posible tomar una decisión correcta, a pesar de que el paciente era incapaz de decir cuál era el estímulo distinto que se había presentado a su hemisferio derecho. Ni que decir tiene que, cuando acertaban a adivinar que el estímulo era «el

mismo», concluían de algún modo *a posteriori* que se les habían presentado los mismos estímulos.

Este experimento inició una pequeña industria casera de experimentos que exploraban los tipos de procesos que podían tener lugar en el subconsciente. Por ejemplo, ciertos estudios de impronta de palabras han demostrado asimismo que, aunque una palabra sea presentada en el campo desatendido y el paciente niegue su presencia, la información sigue siendo procesada de manera inconsciente y se utiliza para identificar la palabra.[21]

Por lo tanto, si bien en el nivel no consciente la información está ahí, para que logre alcanzar la conciencia y la persona sea consciente de que está ahí hay que dirigir la atención a ella. Es más, cuando la negligencia se hace más manifiesta es en las situaciones competitivas, en las que la información que se presenta en el lado «bueno» o cerca de él se hace dominante frente a la información en el lado «malo».[18]

Otra cosa curiosa es que, cuando a un paciente se le pregunta sobre la presencia del brazo inerte, en vez de decir que no lo siente llega al extremo de decir que pertenece a otra persona. ¿Qué está pasando ahí? Si se le pide que haga algo que requiere el uso de ambas manos, en vez de replicar que es incapaz de ello, dice tan sólo que no quiere hacerlo. ¿Y por qué estos pacientes no se quejan de su problema? Si no pudieses ver la mitad izquierda de la habitación, ¿no te quejarías?

Ahora es cuando los pacientes del cerebro dividido acuden a ayudarnos a explicar este fenómeno y también a arrojar algo de luz sobre el asunto de la conciencia. El tracto de neuronas más grande del cerebro es el llamado «cuerpo calloso» (CC) que, junto a un tracto de neuronas más pequeño llamado «comisura anterior», conecta los dos hemisferios. El cuerpo calloso contiene alrededor de doscientos millones de neuronas que tienen su origen en… ¿qué capas corticales? Lo has adivinado: la II y la III, las capas en las que tienen su origen la mayoría de las neuronas de larga distancia.[22] El cuerpo calloso no ha sido objeto de mucha atención en el pasado, pero en vista de la creciente importancia de la modularidad y las especializaciones laterales del cerebro, podemos observar esta conectividad desde una perspectiva evolutiva, como hicimos brevemente en el capítulo 1.

## DIVIDIR EL CEREBRO

El procedimiento quirúrgico de cortar el cuerpo calloso es un tratamiento utilizado como último recurso en pacientes con una epilepsia grave y de difícil

cura, en quienes no han surtido efecto otros métodos. Esta cirugía se ha practicado en muy pocos pacientes, y hoy en día se practica todavía menos debido a la mejora de los fármacos y otros métodos de terapia. De hecho, sólo se ha estudiado a fondo a diez pacientes de cerebro dividido. William van Wagenen, neurocirujano de Rochester, Nueva York, ejecutó el procedimiento por primera vez en 1940, después de observar el alivio experimentado por uno de sus pacientes, que antes sufría graves ataques al desarrollar un tumor en su cuerpo calloso.[23]

Los ataques epilépticos se deben a descargas eléctricas anómalas que, en algunas personas, se extienden de un hemisferio al otro. Se pensó que, si se cortaba la conexión entre ambas partes del cerebro, los impulsos eléctricos que causan los ataques no se extenderían de una parte a la otra. Lo que más se temía eran los posibles efectos secundarios de la cirugía. ¿Produciría una personalidad dividida, con dos cerebros en una sola cabeza? De hecho, el tratamiento fue un gran éxito. Los ataques se redujeron entre un 60 y un 70 % en la mayoría de los operados, que se sentían perfectamente bien: ni personalidad dividida, ni conciencia dividida.[24, 25] La mayoría parecían no ser en absoluto conscientes de ningún cambio en sus procesos mentales. Esto era estupendo, pero también resultaba desconcertante. ¿Por qué no estaban las dos mitades del cerebro compitiendo para ver cuál tomaba el mando? ¿Hay una mitad que está al mando? ¿Están la conciencia y el sentido del yo realmente localizados en una mitad del cerebro?

Para compensar su pérdida de conectividad cerebral, los pacientes de cerebro dividido hacen cosas muy sutiles. Mueven la cabeza para suministrar información visual a ambos hemisferios, hablan en voz alta con el mismo propósito o efectúan movimientos simbólicos con la mano. La desconexión entre los dos hemisferios se hace evidente sólo bajo condiciones experimentales, cuando eliminamos estas pistas transhemisféricas. Sólo entonces podemos poner de manifiesto las diferentes capacidades de los dos hemisferios.

Antes de ver qué es lo que queda desconectado tras la cirugía, hemos de entender qué es lo que continúa siendo compartido. Existen circuitos subcorticales que permanecen intactos. Ambos hemisferios del paciente de cerebro dividido siguen conectados a un tronco del encéfalo común, de modo que ambas partes reciben prácticamente la misma información sensorial y propioceptiva que codifica automáticamente la posición del cuerpo en el espacio. Ambos hemisferios pueden iniciar movimientos oculares, y el tronco del encéfalo proporciona similares niveles de activación, de modo que ambas partes duermen y se despiertan al mismo tiempo.[26] También parece haber un único sistema integrado de atención espacial, que sigue siendo unifocal tras la divi-

sión del cerebro. La atención no puede estar repartida entre dos lugares separados en el espacio.[27] El cerebro izquierdo no presta atención a la pizarra mientras el cerebro derecho está controlando al tío bueno sentado en la fila de delante. Los estímulos emocionales presentados a un hemisferio siguen afectando el juicio del otro.

Puede que en clase de anatomía aprendieras que el hemisferio derecho del cerebro controla la mitad izquierda del cuerpo, y que el hemisferio izquierdo controla la mitad derecha. Pero las cosas no son ni mucho menos tan simples. Por ejemplo, ambos hemisferios pueden guiar los músculos faciales y proximales, como los brazos superiores y los muslos, pero controlan por separado los músculos distales (aquellos más distantes al centro del cuerpo), de modo que, por ejemplo, el hemisferio izquierdo controla la mano derecha.[28] Si bien ambos hemisferios pueden generar expresiones faciales espontáneas, sólo el izquierdo dominante genera expresiones faciales voluntarias.*[29] Debido a que la mitad del nervio óptico cruza de un lado del cerebro al otro, las partes de ambos ojos que atienden al campo visual derecho se procesan en el hemisferio izquierdo, y a la inversa. Esta información no pasa de uno de los hemisferios desconectados al otro. Si el campo visual izquierdo ve algo que el derecho no puede ver, sólo el lado derecho del cerebro tiene acceso a esta información visual. Éste es el motivo de que los pacientes de cerebro dividido muevan la cabeza para suministrar información visual a ambos hemisferios.

Se sabe también, desde los primeros estudios de Paul Broca,** que nuestras áreas del lenguaje están situadas habitualmente en el hemisferio izquierdo (con la excepción de unas cuantas personas zurdas). El hemisferio izquierdo y el centro del lenguaje de un paciente de cerebro dividido no tienen acceso a la

* También se demostró que cuando el hemisferio izquierdo transmite la orden de sonreír o fruncir el ceño, la parte derecha de la cara responde unos 180 milisegundos antes que la parte izquierda. Este último hallazgo concuerda con el hecho de que el cuerpo calloso está implicado en la ejecución de las órdenes faciales voluntarias.

** Paul Broca fue un neuroanatomista francés que se hizo famoso por su descubrimiento, publicado en 1865, del centro del habla en el hemisferio izquierdo, que ha sido denominado área de Broca. Sin embargo, anteriormente se habían enviado informes del mismo descubrimiento a la Academia Francesa de las Ciencias en 1837, posteriormente publicados con carácter póstumo en 1863, por parte del neurólogo francés Marc Dax. Algunos autores sugieren que «la teoría de la preponderancia del hemisferio izquierdo en el habla debe ser atribuida igualmente a Dax y a Broca, y por consiguiente debería llamarse *teoría de Dax-Broca*». R. Cubelli y C. G. Montagna, «A reappraisal of the controversy of Dax and Broca», *Journal of the History of Neuroscience*, nº 3, 1994, págs. 215-226.

información que se suministra al lado derecho del cerebro. Teniendo estas cosas en mente, diseñamos unos test para los pacientes de cerebro dividido que nos permitiesen comprender mejor qué ocurre en los hemisferios desconectados. Comprobamos que el hemisferio izquierdo está especializado en el lenguaje, el habla y la conducta inteligente, mientras que el derecho lo está en tareas como reconocer caras en posición vertical, centrar la atención y hacer distinciones perceptivas.

En lo que concierne a la atención, los hemisferios interaccionan de manera totalmente distinta en su control de los procesos de atención refleja en contraste con los de atención voluntaria.[30,31,32] La cantidad de atención global disponible es limitada.[33] Los datos experimentales sugieren que la orientación de la atención refleja (*bottom-up*) se produce de modo independiente en los dos hemisferios, mientras que la orientación de la atención voluntaria conlleva competencia hemisférica, con un control preferentemente ubicado en el hemisferio izquierdo. El hemisferio derecho, sin embargo, atiende a la totalidad del campo visual, mientras que el hemisferio izquierdo atiende sólo al campo visual derecho.[34,35,36] Esto podría explicar parte del problema de nuestros pacientes con heminegligencia. Cuando resulta dañado el lóbulo parietal inferior derecho, el lóbulo parietal izquierdo permanece intacto. Sin embargo, el lóbulo parietal izquierdo dirige su atención visual sólo a la parte derecha del cuerpo. No hay ninguna área cerebral prestando atención a lo que ocurre en el campo visual izquierdo. La cuestión que todavía queda por responder es: ¿Por qué esto no parece importarle al paciente? A eso voy.

## *Separarse no es tan duro como parece*

El hemisferio izquierdo está especializado en la conducta inteligente. ¡No salgan de casa sin él!

Después de desconectar los hemisferios cerebrales humanos, el coeficiente de inteligencia verbal de un paciente sigue siendo el mismo,[37,38] y lo mismo ocurre con su capacidad para resolver problemas. Tal vez haya algunos déficits en la capacidad de libre asociación y en otras medidas de rendimiento cognitivo, pero, en esencia, aislar la mitad de la corteza del hemisferio izquierdo dominante no ocasiona cambios importantes en las funciones cognitivas. El izquierdo permanece sin cambios con respecto a su capacidad antes de la operación, y el derecho, en gran parte desconectado y del mismo tamaño, queda gravemente empobrecido en sus tareas cognitivas. Aunque el hemisferio derecho sigue siendo superior al hemisferio izquierdo aislado en algunas habilida-

des perceptivas,* en las relacionadas con la atención y quizá también en las emociones, es poco hábil en la resolución de problemas y en muchas otras actividades mentales. Un sistema cerebral (el hemisferio derecho) que tiene aproximadamente el mismo número de neuronas que otro con facilidad para discurrir (el hemisferio izquierdo), es incapaz de llevar a cabo cognición de orden superior, lo cual resulta una prueba convincente de que el número de células corticales por sí mismo no puede explicar del todo la inteligencia humana.[39]

La diferencia entre los dos hemisferios en cuanto a la resolución de problemas se pone de manifiesto en un experimento de cálculo de probabilidades, que consiste en pedir a un grupo de sujetos que intenten conjeturar cuál de dos acontecimientos tendrá lugar a continuación. ¿Será una luz roja o una luz verde? Cada uno tiene distintas probabilidades de producirse (por ejemplo, la luz roja aparece el 75 % de las ocasiones, y la verde el 25 %), pero el orden de los episodios es completamente aleatorio. Uno puede emplear dos estrategias diferentes: ajustar la frecuencia y maximizar. Ajustar la frecuencia significa decir rojo el 75 % de las veces y verde el 25 % restante. El problema de esta estrategia es que, como el orden de los acontecimientos es completamente aleatorio, puede dar como resultado una gran cantidad de errores, a menudo sólo el 50 % de aciertos, aunque también se podría obtener un cien por cien de aciertos, dependiendo enteramente de la suerte. La segunda estrategia, maximizar, consiste sin más en decir siempre rojo. Así garantizamos una proporción de aciertos del 75 %, puesto que el rojo aparece el 75 % de las veces. Animales como la rata y el pez de colores maximizan. En Las Vegas, la casa maximiza. Los seres humanos, por su parte, ajustan. El resultado es que los animales no humanos rinden mejor en esta tarea que los seres humanos.

El uso por parte de los seres humanos de esta estrategia menos que óptima se ha atribuido a la propensión a intentar encontrar patrones en las secuencias de acontecimientos, incluso cuando se les dice que las secuencias son aleatorias. George Wolford, Michael Miller y yo hicimos unos test con los dos hemisferios de pacientes de cerebro dividido para ver si los diferentes lados utilizaban la misma estrategia o estrategias distintas.[40] Descubrimos que el he-

* El hemisferio derecho supera al izquierdo en test de capacidad espacial, tales como determinar la alineación y la orientación. Hay algunos procesos que sólo ejecuta el hemisferio derecho, tales como inferir contornos ocultos o extrapolar la causa de la colisión de objetos cuando ello implica considerar el tiempo y el espacio.

misferio izquierdo usa la estrategia de ajustar frecuencias, mientras que el derecho enfoca la tarea del modo más simple sin intentar elaborar hipótesis complicadas acerca de ésta.

Sin embargo, en test más recientes se han obtenido resultados aún más interesantes. Han demostrado que el hemisferio derecho utiliza el ajuste de frecuencias cuando se le presentan estímulos en los que está especializado, como el reconocimiento de caras, y el hemisferio izquierdo, que no es un especialista en esta tarea, responde al azar.[41] Esto sugiere que un hemisferio cede el control de la tarea al otro si ese otro está especializado en dicha tarea.[42] El hemisferio izquierdo, por otra parte, sigue la tendencia humana de buscar el orden en el caos. El hemisferio izquierdo insiste en formar hipótesis sobre la secuencia de episodios incluso cuando es evidente que no existe ningún patrón, por ejemplo, cuando uno juega con una máquina tragaperras. ¿Por qué hace semejante cosa el hemisferio izquierdo, incluso cuando esto puede traducirse en una conducta no adaptativa?

## *El hemisferio izquierdo es un sabelotodo*

Hace varios años, observamos algo muy interesante con respecto al hemisferio izquierdo: cómo se ocupa de conductas que hemos suscitado en el hemisferio derecho desconectado, de las que no tiene ninguna información. Presentamos a un paciente de cerebro dividido dos imágenes: mostramos en su campo visual derecho una imagen de una pata de pollo, de modo que eso era lo único que veía el hemisferio izquierdo, y mostramos en el campo visual izquierdo una escena de nieve, de modo que eso era lo único que veía el hemisferio derecho. A continuación pedimos al paciente que escogiese entre una serie de imágenes situadas frente a él, de modo que ambos hemisferios podían verlas. De la serie de imágenes, escogió una pala con la mano izquierda y un pollo con la derecha. Cuando le preguntamos por qué había escogido esas imágenes, su centro del habla en el hemisferio izquierdo respondió: «Oh, muy sencillo. La pata de pollo va con el pollo, y para limpiar el corral de los pollos hace falta una pala». No respondió: «No lo sé», sino que interpretó esa respuesta en un contexto coherente con lo que sabía, y lo único que sabía era: pata de pollo. No sabe nada de la escena de nieve, pero tiene que explicar por qué apuntó a la pala con la mano izquierda. Tenía que encontrar razones para esa conducta. A este proceso del hemisferio izquierdo le llamamos «el intérprete».

También intentamos este mismo tipo de test con cambios de humor. Mostramos al hemisferio derecho una orden de reír. La paciente empezó a reír.

Entonces le preguntamos por qué se reía. El centro del habla del hemisferio izquierdo no sabía por qué su persona estaba riendo, pero dio una respuesta de todos modos: «¡Es que sois tan graciosos!». Cuando suscitamos un humor negativo en el hemisferio derecho mediante un estímulo visual, la paciente negó haber visto nada, pero de repente dijo que estaba enojada y que era el experimentador el que la estaba enojando. Sintió la respuesta emocional al estímulo, y todos los efectos del sistema autonómico, pero no tenía ni idea de qué los había causado. ¡Ah, da igual que no sepas nada de lo que ha ocurrido, el cerebro izquierdo encontrará la solución! Hay que poner orden. La primera explicación que tenga sentido servirá: ¡Ha sido el experimentador! El intérprete del cerebro izquierdo interpreta todos los demás procesos. Toma en consideración toda la información entrante y la combina en una historia que tenga sentido, aunque sea totalmente falsa.

## LA RELACIÓN ENTRE EL INTÉRPRETE Y LA EXPERIENCIA CONSCIENTE

Así que volvemos a estar frente a la cuestión principal del capítulo: si estamos compuestos por un montón de módulos, ¿por qué tenemos entonces esta sensación de unidad? Décadas de investigación sobre el cerebro dividido han revelado las funciones especializadas de los dos hemisferios, y proporcionado una nueva comprensión de la especialización dentro de cada hemisferio. Nuestro gran cerebro humano tiene incontables capacidades. Si no somos más que una colección de módulos especializados, ¿de dónde viene esta poderosa y casi incuestionable sensación de unidad? La respuesta quizá reside en el intérprete y su obsesión por buscar explicaciones de por qué ocurren las cosas.

En 1962, Stanley Schachter y Jerry Singer, de la Universidad de Columbia, inyectaron epinefrina a un grupo de sujetos que participaban en una investigación experimental.[43] La epinefrina activa el sistema nervioso simpático, el resultado de lo cual es un aumento del ritmo cardíaco, temblor en las manos y enrojecimiento de la cara. Se puso a los sujetos en contacto con un colaborador de los experimentadores, que se comportaba o bien de modo eufórico, o bien de modo colérico. Los que fueron informados de los efectos de la epinefrina atribuyeron los síntomas, como, por ejemplo, la aceleración de los latidos del corazón, al fármaco. Los que no fueron informados, sin embargo, atribuyeron su activación autonómica al entorno. Los que estaban con el colaborador eufórico dijeron sentirse exultantes, y los que estaban con el colaborador colérico hablaron de cólera. Este hallazgo ilustra la tendencia humana a generar explicaciones de las cosas. Cuando estamos excitados, nos sentimos impulsados a explicar por

qué. Si hay una explicación obvia, la aceptamos, como hizo el grupo informado sobre los efectos de la epinefrina. Cuando no hay una explicación obvia, generamos una. Los sujetos se dieron cuenta de que estaban excitados e inmediatamente lo atribuyeron a una causa. Hablamos de ello en el último capítulo cuando explicábamos lo de asomarse al Gran Cañón. Se trata de un mecanismo muy poderoso; una vez que se ha observado, te lleva a preguntarte cuán a menudo somos víctimas de correlaciones espurias entre lo emocional y lo cognitivo. (*¡Me siento muy bien! ¡Será que este chico me gusta de verdad!*, mientras que él está pensando, *¡Bien, el chocolate está funcionando!*) La investigación sobre el cerebro dividido nos demuestra que esta tendencia a generar explicaciones e hipótesis, a interpretar, reside en el hemisferio izquierdo.

Pero mientras el hemisferio izquierdo parece impulsado a interpretar eventos, el hemisferio derecho no muestra semejante tendencia. Una reconsideración de las diferencias en cuanto a memoria hemisférica sugiere la razón de que esta dicotomía sea adaptativa. Cuando se le pide que decida si una serie de objetos han aparecido o no en una serie de imágenes que se le han mostrado previamente, el hemisferio derecho es capaz de identificar correctamente los objetos que ha visto antes y rechazar los objetos nuevos. «Sí, estaban el tenedor de plástico, el lápiz, el abrelatas y la naranja.» El hemisferio izquierdo, sin embargo, tiende a reconocer falsamente objetos nuevos cuando son similares a objetos que se le han presentado, presumiblemente porque encajan en el esquema que se ha forjado.[44, 45] «Sí, el tenedor [pero es un tenedor de plata, no de plástico], el lápiz [aunque éste es mecánico y el otro no lo era], el abrelatas y la naranja». Este hallazgo concuerda con la hipótesis de que el intérprete del hemisferio izquierdo elabora teorías para asimilar la información percibida en un todo comprensible. Al preguntarse por qué se producen los acontecimientos, el cerebro, en vez de limitarse a observarlos, es capaz de ocuparse de ellos con mayor efectividad si vuelven a ocurrir. Sin embargo, el proceso de elaboración (de construir una historia) tiene un efecto perjudicial para la exactitud del reconocimiento perceptivo, de material tanto verbal como visual. La exactitud sigue siendo no obstante elevada en el hemisferio derecho, debido a que no se embarca en estos procesos interpretativos. La ventaja de tener semejante sistema dual resulta obvia. El hemisferio derecho mantiene un registro preciso de los episodios, y deja que el hemisferio izquierdo haga libremente elaboraciones e inferencias sobre el material presentado. En un cerebro intacto, los dos sistemas se complementan uno al otro, lo que posibilita la elaboración en el procesamiento sin sacrificar la veracidad.

El paradigma de acierto de probabilidades también demuestra por qué tener un intérprete en un hemisferio y no en el otro puede resultar adaptativo.

Los dos hemisferios enfocan las situaciones de resolución de problemas de dos maneras distintas. El derecho basa sus juicios en información sobre la frecuencia, mientras que el izquierdo confía en la elaboración de hipótesis detalladas. A veces es sólo una coincidencia fruto del azar. En el caso de acontecimientos aleatorios, la estrategia del hemisferio derecho es claramente ventajosa, mientras que la tendencia del hemisferio izquierdo a crear teorías sin sentido sobre secuencias aleatorias es perjudicial para su funcionamiento. Esto es lo que ocurre cuando construyes una teoría basada en una única situación anecdótica: «Me he pasado toda la noche vomitando. Habrá sido lo que comí en el nuevo restaurante al que fui a cenar, que estaba en mal estado». Ésta sería una buena hipótesis si todos los que comieron lo mismo se hubieran puesto enfermos, no sólo una persona. Pudo ser una gripe intestinal, o lo que tomaste en el desayuno. En muchas situaciones, sin embargo, existe un patrón subyacente, y es en estos casos cuando la tendencia del hemisferio izquierdo a crear orden a partir del caos aparente es la mejor estrategia. Las coincidencias se producen, pero a veces se produce realmente una conspiración. En un cerebro intacto, ambos estilos cognitivos están disponibles y pueden aplicarse, dependiendo de la situación.

La diferencia en el modo en que los dos hemisferios conciben el mundo puede considerarse adaptativa. También podría proporcionarnos algunos indicios sobre la naturaleza de la conciencia humana. En los medios de comunicación, se habla de los pacientes de cerebro dividido como si fueran personas con dos cerebros. No obstante, los propios pacientes afirman que, tras la operación, se sienten igual que antes. No perciben en absoluto que tengan la dualidad de conciencia que conlleva la noción de dos cerebros. ¿Cómo es posible que dos hemisferios aislados den lugar a una sola conciencia? La respuesta podría estar en el intérprete del hemisferio izquierdo. El intérprete recibe el impulso de generar explicaciones e hipótesis con independencia de las circunstancias. El hemisferio izquierdo de pacientes de cerebro dividido no duda en ofrecer explicaciones de las conductas generadas por el hemisferio derecho. En individuos neurológicamente intactos, el intérprete no duda en generar explicaciones espurias de la activación del sistema nervioso simpático. De modo similar, el intérprete del hemisferio izquierdo puede generar en nosotros la sensación de que somos un todo integrado y unificado.

En su obra maestra, *El cuarteto de Alejandría*, Lawrence Durrell explica una historia en cuatro libros, *Justine*, *Baltasar*, *Mountolive* y *Clea*. Los tres primeros libros cuentan la historia de un grupo de personas que viven en Alejandría, Egipto, justo antes de la Segunda Guerra Mundial, cada uno desde el punto de vista de un personaje diferente. Si leyeras sólo el primer libro, *Justine*, tendrías una idea distorsionada de lo que ocurre. El segundo libro, *Baltasar*, te

da más información, y el tercero todavía más. En los tres, sin embargo, el lector está a merced de los narradores. Tu interpretación de la historia depende de lo que ellos te digan: depende de la información suministrada. Lo mismo vale para el sistema del intérprete en el cerebro. Las conclusiones del sistema del intérprete son tan buenas como la información que ha recibido.

Ahora, finalmente, podemos considerar la cuestión de nuestros pacientes con heminegligencia. Empezaremos con un caso fácil. Si una persona tiene una lesión en el nervio óptico que transmite información sobre la visión a la corteza visual, el nervio dañado deja de transmitir esta información; el paciente se queja de que está ciego en la parte correspondiente de su sistema visual. Por ejemplo, un paciente así podría tener un gran punto ciego a la izquierda del centro de su campo visual. Se queja con razón. Sin embargo, si otro paciente tiene una lesión, no en el tracto óptico, sino en la corteza visual (el área en la que se procesa la información visual tras ser recibida) y crea un punto ciego del mismo tamaño en el mismo lugar, normalmente no se queja en absoluto. La explicación es que la lesión cortical está en el lugar de su cerebro que representa una parte exacta del mundo visual, el lugar que, de ordinario, pregunta: «¿Qué está pasando a la izquierda del centro visual?». Con una lesión en el nervio óptico, esta área estaba funcionando perfectamente; al no poder obtener ninguna información del nervio, protesta: «¡Algo va mal, no estoy recibiendo ninguna aferencia!». Cuando es esta misma área cerebral la que está dañada y ya no hace su trabajo, el cerebro del paciente ya no cuenta con un área responsable de lo que está pasando en esa parte del campo visual; para ese paciente, esa parte del campo visual ya no existe, así que no hay ninguna protesta. Él paciente con la lesión cortical no emite ninguna queja porque la parte del cerebro que podría quejarse ha quedado incapacitada, y ninguna otra toma el relevo.

A medida que nos trasladamos a más profundidad en los centros de procesamiento del cerebro, observamos el mismo patrón, pero ahora el problema reside en la función interpretativa. La corteza parietal está constantemente recabando información sobre la posición del brazo en un espacio tridimensional, y también controla la existencia del brazo en relación con todo lo demás. Si hay una lesión en los nervios sensoriales que llevan información al cerebro acerca de dónde está el brazo, qué hay en la mano, o si siente dolor, frío o calor, el cerebro comunica que algo va mal. «¡No estoy recibiendo ninguna aferencia! ¿Dónde está la mano izquierda? ¡No siento nada!». Pero si la lesión es en la corteza parietal, esta función de control desaparece sin que se eleve protesta alguna, pues el protestón está dañado. Veamos nuestro caso de anosognosia y de la mano izquierda no reconocida. Un paciente con una lesión parietal

derecha sufre daño en el área que representa la mitad izquierda del cuerpo. Es como si esa parte del cuerpo hubiese perdido su representante en el cerebro sin dejar rastro. No hay ningún área que sepa nada de la mitad izquierda del cuerpo ni si está funcionando o no. Cuando el neurólogo sostiene la mano izquierda del paciente y la pone frente a la cara de éste, él da una respuesta razonable: «¡No es mi mano!». El intérprete, que está intacto y funcionando, no puede recibir noticias del lóbulo parietal, puesto que el flujo de información ha sido interrumpido por la lesión. Para el intérprete, que depende de la información que recibe, la mano izquierda simplemente ya no existe, al igual que ver lo que hay detrás de la cabeza o mover la cola no es algo de lo que el intérprete deba preocuparse. Es verdad, entonces, que la mano que sostienen frente a él no puede ser suya. Bajo esta luz, las afirmaciones del paciente son más razonables.

La paramnesia reduplicativa es otro síndrome curioso, en el que el paciente cree erróneamente que un lugar ha sido duplicado, o existe en más de un punto al mismo tiempo, o ha sido trasladado a una localización distinta. Uno de estos pacientes que tuve era una mujer que, a pesar de que estaba siendo examinada en mi oficina del Hospital de Nueva York, aseguraba que estábamos en su casa de Freeport, Maine. La interpretación estándar de este síndrome es que ella ha hecho una copia duplicada de un lugar (o persona) e insiste en que hay dos.

Esta mujer era inteligente; antes de la entrevista, estaba matando el tiempo leyendo el *New York Times*. Yo empecé por la pregunta estándar: «Bueno, ¿dónde está usted?». «Estoy en Freeport, Maine. Sé que no va a creerme. El doctor Posner me ha dicho esta mañana, cuando ha venido a verme, que estaba en el Hospital Memorial Sloan-Kettering, y lo mismo cuando los residentes han pasado por turnos. Vale, muy bien, pero ¡yo sé que estoy en mi casa en la calle mayor de Freeport, en Maine!»

Yo le pregunté: «Muy bien, si usted está en Freeport y en su casa, ¿cómo es que hay ascensores ahí fuera, frente a la puerta?». La anciana señora me miró fijamente y respondió con calma: «Doctor, ¿sabe cuánto me costó instalarlos?»

El intérprete de esta paciente intentaba dar sentido a lo que sabía, sentía y hacía. Debido a su lesión, la parte del cerebro que representa la localización estaba hiperactiva y enviando un mensaje erróneo sobre la situación. Para hacer bien su tarea, el intérprete depende de la información que recibe, y en este caso estaba recibiendo una información disparatada. Pero el intérprete aún tiene que responder a preguntas y dar sentido al resto de la información entrante, información que para él es obvia. ¿El resultado? Un montón de historias imaginativas.

En el síndrome de Capgras, los pacientes reconocen a una persona cercana, pero insisten en que se trata de un impostor y que esa persona ha sido reemplazada por un doble idéntico. Por ejemplo, una mujer dice que Jack (que realmente es su marido) parece su marido, pero realmente no es su marido sino un doble o un alienígena. Al parecer, en este síndrome los sentimientos por la persona cercana están desconectados de la representación de esta persona.[46] El paciente no siente ninguna emoción cuando ve a la persona. El intérprete debe explicar este fenómeno. Está recibiendo la información del módulo de identificación de caras: «Éste es Jack». Sin embargo, no está recibiendo ninguna información emocional. Por lo tanto, para explicar la situación, al intérprete se le ocurre una solución: «No puede ser realmente Jack porque, si lo fuese, yo sentiría alguna emoción, así que ¡tiene que ser un impostor!».

## ¡TENGO QUE SER YO! AUTOCONCIENCIA

El intérprete también se ocupa de otras tareas. Este sistema que empezó dando sentido a toda la información que bombardeaba el cerebro —interpretando nuestras respuestas cognitivas y emocionales a aquello con que nos encontramos en nuestro entorno, preguntándose cómo están relacionadas unas cosas y otras, haciendo hipótesis, extrayendo orden a partir del caos— también construye sobre la marcha un relato de las acciones, las emociones, los pensamientos y los sueños. El intérprete es el cemento que mantiene unida nuestra historia y nos hace sentir que somos un agente coherente y racional. La inserción de un intérprete en un cerebro, que por otra parte funciona correctamente, genera muchos subproductos. Un dispositivo que empieza por preguntarse en qué están relacionadas una cosa y otra, un dispositivo que, de hecho, se hace preguntas sobre infinidad de cosas y puede proporcionar respuestas productivas a estas preguntas, no puede evitar dar a luz al concepto del yo. Seguro que una de las grandes preguntas que se hará el dispositivo es: «¿Quién está resolviendo todos estos problemas? Mmm,... llamémosle "yo"». ¡Y ahí va!*

«¿Mi sentido del yo es un subproducto?»

Lo siento mucho, pero así es. Ahora, llegados a este punto, nos podríamos poner todos filosóficos o freudianos sobre lo que es el yo o el ego, pero no vamos a ir por este camino. En vez de eso, vamos a hacer psicología cognitiva.

* Esas otras grandes preguntas son: ¿Por qué estamos aquí? ¿Cuál es el sentido de la vida? ¿Cómo llegamos aquí? Y, ¿en qué somos únicos los seres humanos?

Generalmente se acepta que la cognición del yo se construye a partir de varios procesos distintos; por otro lado, se han hecho varias propuestas diferentes acerca de qué procesos constituyen la cognición del yo. John Kihlstrom y mi colega Stan Klein, de la Universidad de California, Santa Barbara, hacen hincapié en que el yo es una estructura cognoscitiva, no una entidad mística.[47] Sugieren que existen cuatro categorías de autoconocimiento almacenadas y catalogadas en diferentes formatos en el cerebro.

1. El yo conceptual: un conjunto borroso de yoes específicos de cada contexto, unidos por una teoría de cómo nos hemos convertido en la persona que somos. «Soy un tipo generoso (o tacaño), feliz (o taciturno) y afable (o brusco) porque mis padres (o la religión, o la sociedad, o el dios Baco) me criaron (o me hicieron) así». Según Pascal Boyer y sus colegas,[48] esto incluye el dominio de los sistemas sociales: el concepto del yo engloba nociones de identidad social o estatus moral amén de la capacidad de tener una teoría de la mente y la de sentir empatía.

2. El yo es un relato que hemos construido, ensayado para nuestros adentros y contado a los demás, sobre el pasado, el presente y el futuro. «Yo nací en un rancho, crecí domando caballos y supe que el rodeo era mi vida.»

3. El yo visto como una imagen, con detalles sobre la cara, el cuerpo y los gestos. «Soy esbelta, grácil y absolutamente imponente. ¡Deberías verme bailando el tango!»

4. Una red asociativa con información sobre rasgos de personalidad, recuerdos y experiencias, almacenados por separado en la memoria episódica y la semántica. «Soy extrovertido y seguro de mí mismo, y siempre he tenido un gran bronceado. Nací en Tahití y me trasladé a Hawái, donde lo pasé de maravilla y gané el campeonato estatal de surf en un día completamente redondo. Las chicas me adoran.»

Esto suena sospechosamente familiar. Sugiero que se trata del intérprete del hemisferio izquierdo, que se ha inventado la teoría, el relato y la imagen que el yo tiene de sí mismo, reuniendo la información que recibe de distintas aferencias, del «espacio de trabajo neuronal» y de las estructuras cognoscitivas, y aglutinándola toda, creando así el yo, la autobiografía, a partir del caos de aferencias.

¿Son estas estructuras cognoscitivas sobre el yo distintas de otras estructuras cognoscitivas? Algunos neuropsicólogos creen que no mucho. En opinión de James Gilligan y Martha Farah, de la Universidad de Pennsylvania, probablemente la mayoría de las estructuras no difieren de los procesos que afectan

a personas en general.[49] En realidad, esto tiene mucho sentido si nos referimos a la economía cerebral. Mi idea es que el intérprete del hemisferio izquierdo es exclusivamente humano. Puede reunir información de una amplia variedad de fuentes, las mismas que están disponibles para otros animales, pero integra esta información de un modo único para crear nuestro yo autoconsciente. Aquí ha tenido lugar un cambio de fase. El grado en que los seres humanos son autoconscientes es único.

Sin embargo, podría haber ciertas estructuras cognoscitivas especializadas, que veremos enseguida, y que proporcionan una ventaja a nuestro intérprete. En primer lugar, aprenderemos un poco sobre memoria, y luego volveremos sobre los pacientes con lesiones que afectan el sentido del yo para ver si podemos entender algo más. Recordemos que el intérprete sólo puede usar la información que tiene a su disposición.

Consideremos el viaje a la Costa Azul. Al proponer semejante viaje, estás usando información sobre ti mismo que indica que vas a disfrutar del viaje. ¿De dónde viene esta información? ¿Qué hay de tu compañera de viaje? ¿Está disponible la misma información para otra persona, y está almacenada en el mismo sitio en la memoria? Un aspecto fascinante de la memoria, que se descubrió hace años, es que, si preguntas a una persona si cierta palabra le describe bien, más tarde recordará mejor esta palabra que si le preguntas sobre ella en un sentido más general. Por ejemplo, una persona recordará la palabra «amable» mejor si le han preguntado «¿eres amable?», que si le han preguntado «¿qué significa "amable"?».[50] Esto indujo a los investigadores a creer que el autoconocimiento podría estar almacenado de modo diferente con respecto a otros tipos de información.

La memoria almacena dos tipos básicos de información: procedimental y declarativa.[51] La memoria procedimental nos permite retener habilidades perceptivas, motoras y cognitivas y expresarlas de manera no consciente, como cuando conducimos un coche, vamos en bicicleta, nos atamos el cordón del zapato, nos trenzamos el pelo y, con el tiempo, tocamos el piano. La memoria declarativa se compone de hechos y creencias sobre el mundo, como, por ejemplo, que en el desierto hace calor en verano, y que la flor del naranjo es aromática. El neurocientífico Endel Tulving, catedrático emérito en la Universidad de Toronto, sugiere que hay dos tipos de memoria declarativa: semántica y episódica.[51, 52, 53]

La memoria semántica es genérica: «Limítese a los hechos, señora, sólo a los hechos», no necesariamente asociados a la fuente, o a dónde o a cuándo fueron conocidos. El Cairo es la capital de Egipto, doce al cuadrado es ciento cuarenta y cuatro, y la mayoría de los vinos están hechos de uva. La memoria semántica

no hace ninguna referencia subjetiva al yo, aunque puede contener hechos sobre éste: «Tengo los ojos verdes. Nací en Tombuctú». La memoria semántica proporciona conocimiento desde el punto de vista de un observador del mundo más que del de un participante. La memoria episódica retiene episodios que fueron experimentados por el yo en un lugar y un tiempo en concreto. «¡Lo pasé de maravilla en la fiesta de anoche, y la comida estaba deliciosa!»

Tulving está continuamente retocando la definición de memoria episódica, a medida que se va sabiendo más sobre ella. Puesto que considera que la memoria episódica es exclusivamente humana, y en consecuencia será importante para nuestro subsiguiente examen de la conciencia animal, citaré su retoque más reciente:

> La memoria episódica es un sistema de memoria mente/cerebro (neurocognitivo) de reciente evolución, desarrollo tardío y deterioro temprano. Está orientada al pasado, es más vulnerable que otros sistemas de memoria a la disfunción neuronal y es probablemente exclusiva de los seres humanos. Hace posible el viaje mental a través del tiempo subjetivo: pasado, presente y futuro. Este viaje mental por el tiempo nos permite, como «poseedores» de memoria episódica (de un «yo») y a través del medio de la conciencia autonoética,* recordar las experiencias propias anteriores a «haber pensado en algo», y también «pensar en» posibles experiencias propias futuras. Las operaciones de la memoria episódica requieren, aunque van más allá, del sistema de memoria semántica. Recuperar información de la memoria episódica («rememorar») requiere el establecimiento y mantenimiento de un conjunto de mecanismos mentales especiales, denominado «modo de recuperación» episódica. Los componentes neurales de la memoria episódica comprenden una red ampliamente distribuida de regiones cerebrales corticales y subcorticales que se solapa con las redes de soporte de otros sistemas de memoria y se extiende más allá de éstas. La esencia de la memoria episódica reside en la conjunción de tres conceptos: yo, conciencia autonoética y tiempo subjetivo.[54]

Por definición, la memoria episódica siempre incluye el yo como agente o destinatario de cierta acción. Cuando una persona —llamémosla Sarah— rememora un acontecimiento, lo vuelve a experimentar con la conciencia de que le ocurrió a ella: «Recuerdo el concierto de los Rolling Stones del año pasado. ¡Fue genial!». La distinción principal entre memoria episódica y memoria semántica no es el tipo de información que codifican, sino la experiencia subjetiva que acompaña a las operaciones de los sistemas de codificación y

* La capacidad de centrar la atención directamente en las propias experiencias subjetivas.

recuperación. Sarah podría haber afirmado: «El año pasado fui al concierto de los Rolling Stones» como un hecho, aunque ella estuviese demasiado bebida entonces para recordar si realmente había estado allí. La memoria episódica está enraizada en la conciencia autonoética y en la creencia de que el yo que tiene la experiencia es ahora el mismo que la tuvo originalmente. La memoria semántica requiere sólo conciencia noética, que es lo que experimentamos cuando pensamos objetivamente en algo que sabemos. Tulving subraya que es «posible ser noéticamente consciente del propio yo, incluyendo la posición del cuerpo en el espacio, rasgos y características, y hasta hechos autobiográficos que no van acompañados por una sensación de experimentar de nuevo o revivir el pasado».

Hay indicios de que la memoria semántica aparece, en el desarrollo, antes que la memoria episódica. Aunque los niños muy pequeños son, al parecer, capaces de recordar hechos y pensar en cosas que no están físicamente presentes (es decir, tienen memoria semántica), es difícil determinar si pueden evocar el pasado con algo parecido a un sistema episódico desarrollado. Niños de 2 años han demostrado ser capaces de recordar cosas que habían presenciado a los 13 meses.[55] Sin embargo, según diversos resultados experimentales, no es hasta por lo menos los 18 meses cuando realmente se incluyen a sí mismos como parte del recuerdo, aunque esta capacidad tiende a estar presente con mayor fiabilidad en los niños de 3 a 4 años.[56, 57] De hecho, al parecer los niños de menos de 4 años no tienen ningún conocimiento de las escalas temporales,[58, 59] y por ese motivo nunca es buena idea decirles que iréis a Disneylandia dentro de dos semanas. Esta memoria episódica de desarrollo tardío explica por qué tenemos escasa memoria autobiográfica de nuestros años más jóvenes.

A la psicología evolutiva, sin embargo, no le va a satisfacer la idea de que todo el trabajo autobiográfico corre a cargo sólo de la memoria episódica. Haría falta demasiado tiempo cuando se precisa una respuesta rápida para salir del paso. Si a nuestro antepasado se le planteaba la cuestión de ir tras una presa o no, necesitaba una respuesta inmediata sobre sus capacidades. No podía esperar sentado mientras recordaba cada gacela y jabalí que alguna vez había intentado cazar, mientras evocaba si su velocidad y resistencia eran comparables a los suyos, y calculaba las probabilidades; necesitaba respuestas preprogramadas y almacenadas: «Soy rápido, fuerte y resistente. ¡A por él!» o «Soy lento, debilucho y me canso fácilmente, y además los jabalíes son corpulentos. Le diré a Cronos dónde lo he visto».

Bueno, ¿sabes qué? Pues que el sistema semántico, el sistema del «Limítese a los hechos, señora», parece tener un subsistema de resúmenes de rasgos de

personalidad. Stan Klein y Judith Loftus hicieron algunos test para desentrañar si los resúmenes de rasgos de personalidad se almacenaban por separado, al margen de la memoria episódica. Pidieron a un grupo de sujetos que realizaran varios pares de tareas, la primera como impronta para la segunda. La primera tarea variaba entre responder si un rasgo describía bien al sujeto («¿Eres generoso?»), hacer una tarea de relleno («Define la palabra "mesa"») o hacer una tarea de control (que consistía en mirar una pantalla en blanco o bien definir una palabra relativa a un rasgo: «¿Qué quiere decir "generoso"?»). A continuación, si la primera tarea había sido decir si un rasgo describía al sujeto, la segunda tarea consistía en rememorar un episodio en el que el sujeto hubiese exhibido ese rasgo. Los experimentadores medían el tiempo que tardaba el sujeto en evocar el episodio recordado. Si los sujetos sólo habían estado mirando una pantalla en blanco, se les presentaba un nuevo rasgo y se les pedía que evocasen un episodio en el que hubiesen exhibido ese rasgo. Los investigadores pensaron que, si los sujetos habían usado la memoria episódica para responder a la pregunta de si un rasgo les describía bien («Sí, soy generoso»), deberían ser más rápidos a la hora de evocar un episodio en el que exhibiesen ese rasgo, pues ya habrían pensado en él al responder a la primera pregunta. Sin embargo, no es eso lo que ocurrió. Los sujetos tardaron lo mismo en rememorar un episodio de un rasgo sobre el que se les había preguntado que en rememorar un episodio de un rasgo distinto que no se les había mencionado antes. Los experimentadores llegaron a la conclusión de que las personas pueden responder a preguntas sobre sus rasgos de personalidad accediendo a resúmenes de rasgos, sin necesidad de invocar recuerdos de episodios concretos.[60]

Otra investigación, realizada por Klein y Loftus, ha demostrado que se recurre a la memoria episódica sólo cuando no hay ningún resumen de rasgos disponible; por ejemplo, cuando la experiencia es muy limitada con respecto a un rasgo concreto. Lo mismo sucede cuando se hacen juicios sobre otras personas. Se recurre a la memoria episódica sólo cuando no existe ningún resumen de rasgos.[61] Se estudió a fondo a un paciente con amnesia total, que no podía recordar ni una sola cosa que hubiese hecho o experimentado en su vida. No sólo no tenía memoria episódica, sino que también había perdido parcialmente su memoria semántica. Aunque no podía describir con precisión la personalidad de su hija, sí era capaz de describir con precisión su propia personalidad. Sabía algunos hechos sobre su vida, pero se había olvidado de otros. Conocía algunos hechos bien conocidos de la historia, pero no otros. El patrón de déficits de este paciente sugiere a las claras que existe un sistema de memoria específico para el almacenamiento y la recuperación de los propios rasgos de personalidad.

La tendencia general de los estudios realizados sobre los rasgos relativos al yo apunta a la implicación del hemisferio izquierdo.[62] ¿Qué hay de los recuerdos episódicos autobiográficos? ¿Pueden ser localizados? La respuesta a esta cuestión ha estado eludiendo los esfuerzos de los investigadores; unos datos apuntan hacia un lado, otros hacia el otro. El cuadro que está emergiendo es que los aspectos del conocimiento del yo están distribuidos por toda la corteza, un poco aquí, otro poco allá. Según ciertos datos, las regiones frontales del hemisferio izquierdo desempeñan un papel central en el establecimiento de objetivos respecto a la recuperación y la reconstrucción del conocimiento autobiográfico.[63, 64, 65]

¿Pueden ayudarnos los pacientes de cerebro dividido a localizar el procesamiento del yo? El seccionamiento del cuerpo calloso en seres humanos ha permitido plantear una cuestión fundamental sobre la naturaleza del yo. ¿Tiene cada una de las mitades desconectadas del cerebro su propio sentido del yo? ¿Podría ser que cada hemisferio tuviese su propio punto de vista, su propio sistema autorreferencial realmente separado y distinto del del otro hemisferio?[66]

Las primeras observaciones a pacientes de cerebro dividido indicaban que éste podía ser el caso.[67] Había momentos en que un hemisferio se mostraba beligerante mientras el otro estaba calmado. Había momentos en que la mano izquierda (controlada por el hemisferio derecho) jugueteaba alegremente con un objeto que sostenía fuera del campo visual mientras el hemisferio izquierdo parecía estupefacto ante esa conducta. No obstante, de las docenas de casos registrados a lo largo de los años, ninguno da pie a la afirmación categórica de que cada hemisferio tiene un sentido pleno del yo. Aunque ha sido difícil estudiar el yo en sí mismo, se han hecho fascinantes observaciones sobre procesamiento perceptivo y cognitivo relacionado con el yo.

La investigación ha revelado muchas cosas acerca de los procesos y estructuras cerebrales que secundan el reconocimiento de personas conocidas (por ejemplo, amigos, miembros de la familia y estrellas de cine). Tanto los estudios de neuroimágenes funcionales como los estudios de pacientes ponen de manifiesto que el reconocimiento de caras depende por lo general de estructuras del hemisferio cerebral derecho. Por ejemplo, hemos demostrado que los pacientes de cerebro dividido rinden bastante mejor en los test de reconocimiento de caras cuando se presentan caras conocidas al hemisferio derecho en vez de al hemisferio izquierdo.[68] Asimismo, las lesiones en áreas corticales específicas del hemisferio derecho merman la capacidad de reconocer a otras personas.[69, 70, 71, 72, 73]

Pero ¿está igualmente especializado el hemisferio derecho en el reconocimiento del yo? Aunque se han registrado algunos datos que corroboran esta

idea,[74, 75, 76] el conjunto de datos disponibles no permite sacar una conclusión definitiva. Ciertos estudios de neuroimágenes han revelado que el material pertinente para el yo (por ejemplo, los recuerdos autobiográficos) activa una serie de redes corticales del hemisferio izquierdo que podrían contribuir al reconocimiento del yo y a multitud de funciones cognitivas afines.[77, 78, 79] Por lo tanto, mientras que el reconocimiento de caras conocidas se basa, principalmente, en estructuras del hemisferio derecho, el reconocimiento de uno mismo podría estar relacionado con procesos cognitivos adicionales ubicados en el hemisferio izquierdo. Para investigar esta posibilidad, David Turk y sus colegas evaluaron la diferencia entre el reconocimiento de la propia cara y el de una persona conocida en un paciente de cerebro dividido.[80]

El paciente J. W. contempló una serie de fotografías de caras que oscilaban entre un cero y un cien por cien de imágenes de sí mismo. Una foto mía (M. G.), colega de J. W. desde hacía tiempo (esto es, una persona muy conocida), se usó para representar cero por cien «yo», y una foto de J. W. se usó para representar cien por cien «yo». Se generaron nueve imágenes adicionales usando un programa informático de mezcla de caras, cada una de las cuales representaba un 10 % de incremento de cambio entre M. G. y J. W. En una de las circunstancias experimentales (la de reconocimiento de sí mismo), se pedía a J. W. que indicara si la imagen presentada era él; en la otra (reconocimiento de un otro conocido), se le pedía que indicase si la imagen era M. G. La única diferencia entre ambas situaciones era el juicio que se requería («¿Soy yo?» frente a «¿Es Mike?»).

Los resultados revelaron una doble disociación en el reconocimiento de caras de J. W. Su hemisferio izquierdo mostró un sesgo hacia el reconocimiento de las caras transformadas como la suya, mientras que el derecho exhibió el patrón opuesto; esto es, reconocimiento sesgado en favor de un otro conocido. En resumen, el hemisferio izquierdo detecta rápidamente una imagen parcial del yo, incluso cuando sólo lo recuerda ligeramente, mientras que la mitad derecha necesita una imagen del yo que, en lo esencial, sea íntegra y completa para reconocerla como tal. En el hemisferio izquierdo, había, fundamentalmente, una relación lineal entre la cantidad de «yo» en la imagen y la probabilidad de detectar el yo. El hemisferio derecho, por otra parte, no reconocía la imagen como «yo» hasta que no contenía más de un 80 % de «yo». El hallazgo de que el hemisferio izquierdo requiere que haya menos «yo» en la imagen para el reconocimiento del yo podría reflejar un papel clave del hemisferio izquierdo en la recuperación de conocimiento del yo, o podría depender del intérprete del hemisferio izquierdo considerar toda la información disponible y emitir un juicio basado en esa información. Esto también

concuerda con el hecho de que el hemisferio derecho es más preciso y maximiza la información, sin formar hipótesis: «Espera un momento, ése no soy yo. Esta nariz no es la mía», mientras que el izquierdo ajusta frecuencias y formula hipótesis: «¡Ea, si soy yo!».

En general, los datos indican que un sentido del yo emerge a partir de redes distribuidas en ambos hemisferios.[80, 81] Es probable que ambos hemisferios estén especializados en aspectos del procesamiento que contribuyen a un sentido del yo, y que este sentido del yo sea fabricado por el intérprete del hemisferio izquierdo sobre la base de las aferencias de estas redes distribuidas.

## LOS ANIMALES Y LA CONCIENCIA: ¿EN QUÉ GRADO?

Esto es lo que intriga a muchos investigadores de la cognición animal. Hasta ahora, la respuesta ha eludido sus intentos. Si los animales pudiesen hablar, la cuestión sería mucho más fácil de estudiar. Parafraseando a Steve Martin,* ** «¡Hay que fastidiarse con estos animales! ¡No tienen una palabra distinta para nada!». Como he mencionado antes, hay muchos niveles de conciencia, definidos de forma distinta por diferentes investigadores. Se acepta comúnmente que los mamíferos son conscientes del aquí y el ahora, pero la controversia empieza con el grado de conciencia extendida que poseen. El problema es: ¿Cómo podemos diseñar un experimento que ponga de manifiesto los grados de conciencia de un animal que no puede hablar? Si se te ocurre la respuesta a este problema, ya tienes una tesis doctoral bien gorda en el bolsillo.

Para determinar los grados de conciencia extendida que posee un animal, es necesario saber qué se considera conciencia extendida. El paso fundamental hacia la conciencia extendida es adquirir algún grado de autoconciencia. La autoconciencia significa ser el objeto de la propia atención. Varios científicos la describen como un rango de capacidades que oscila entre ser meramente consciente de los productos de la autopercepción o de estímulos del entorno («Oigo un ruido», «Siento un arañazo»), hasta tener la capacidad de conceptualizar información sobre uno mismo, que es preciso determinar de modo abstracto («Soy un tío moderno»).[82] Esto ha llevado a los investigadores de la cognición animal a concentrarse en dos áreas: autoconciencia animal y metacognición (capacidad de pensar sobre el pensamiento) animal.

* «¡Hay que fastidiarse con estos franceses! ¡Tienen una palabra distinta para todo!»
** Véase nota del traductor de la pág. 43.

## Autoconciencia animal

En su análisis de la autoconciencia animal, Marc Hauser apunta que la discriminación se traduce en ventajas adaptativas cuando sale a cuenta, en términos evolutivos, tratar a algunos miembros de tu propia especie de modo diferente. Por tanto, es ventajoso ser capaz de reconocer el sexo opuesto, o la edad de otro individuo (si ha alcanzado la madurez sexual... no vale la pena perder el tiempo en cortejar a un individuo sexualmente inmaduro), ser capaz de reconocer a tu propia madre, de distinguir los parientes de los que no lo son, o de identificar a los otros miembros de tu propia manada o colmena. Hauser añade que «todos los organismos sociales y que se reproducen sexualmente parecen estar dotados de mecanismos neurales para distinguir a los machos de las hembras, a las crías de los adultos, y a los parientes de los que no lo son».[83]

Han evolucionado muchos sistemas distintos para ayudar a identificar los parientes. Un sistema que tienen muchas especies de aves es la impronta. El primer individuo que ven es Mamá. Esto suele funcionar, pero los fallos de este sistema han sido la base de muchas tiras cómicas. Las abejas de la familia *Halictidae* y las avispas papeleras reconocen su colonia por el olor, las marmotas también usan el olor para el reconocimiento,[84] y el murciélago de cola de ratón reconoce a sus crías entre miles mediante comunicación vocal y olfativa. Estos sistemas de reconocimiento usan como pista un modo determinado de percepción sensorial, la correspondencia con un patrón neural específico, pero para funcionar no requieren autoconciencia, ningún «conocimiento de sí mismo».

Diseñar un test para demostrar la autoconciencia en animales ha resultado una empresa difícil. En el pasado se ha enfocado desde dos ángulos. Uno es el reconocimiento de uno mismo en el espejo, y el otro es mediante la imitación. Gordon Gallup abordó el problema desarrollando el test del espejo, en el que anestesiaba a chimpancés, les pintaba una marca roja en una oreja y una ceja, y después, cuando despertaban de la anestesia, les ofrecía un espejo de cuerpo entero. Antes de la exposición, los chimpancés no tocaban las manchas rojas, pero una vez se les presentaba el espejo, sí lo hacían. Tras dejarles con él, algo después empezaban a mirar partes visualmente inaccesibles de su cuerpo.[85] Sin embargo, no todos los chimpancés han demostrado tener capacidad de autorreconocimiento ante el espejo (MSR, por sus siglas en inglés).[86] Experimentos posteriores han revelado que la capacidad de MSR se desarrolla en algunos chimpancés, pero no en todos, alrededor de la pubertad, pero está presente en un grado menor en los chimpancés de más edad,[87] y de hecho puede deteriorarse con el paso del tiempo.[88] Los orangutanes también exhiben MSR, pero

únicamente un gorila excepcional posee esta capacidad.[89, 90] Dos delfines[91] (a pesar de algunas cuestiones por dilucidar con respecto a diferencias en los procedimientos de evaluación)[92] y uno de entre cinco elefantes asiáticos examinados en dos estudios diferentes han superado asimismo el test de la marca.[93, 94] Esto es todo, amigos.

No se ha descubierto que ninguna otra especie animal exhiba MSR. Ésta es la razón de que tu perro no muestre ningún interés cuando intentas que se mire al espejo. Los niños poseen MSR y superan el test de la marca hacia los 2 años.[95] Gallup sugiere que el autorreconocimiento ante el espejo implica la presencia de autoconcepto y autoconciencia.[96] Esto parecía una prueba razonable hasta que Robert Mitchell, psicólogo de la Universidad de Eastern Kentucky, irrumpió en el debate preguntándose: ¿Qué grado de autoconciencia demuestra el hecho de reconocerse a sí mismo en el espejo? Mitchell señala que el MSR requiere sólo una conciencia del propio cuerpo, más que un concepto abstracto del yo.[97] No hay necesidad de invocar nada más que la correspondencia entre la sensación con la percepción visual; para reconocer el propio cuerpo en el espejo no se requieren actitudes, valores, intenciones, emoción ni memoria episódica. Un chimpancé mira hacia abajo, ve su brazo y quiere que se mueva. Se mueve. Lo ve moverse en el espejo. No es necesario concepto alguno del yo. Mitchell divide el yo en tres niveles:

1. El yo implícito, un punto de vista que experimenta, actúa y, en el caso de los mamíferos y las aves, tiene emociones y sensaciones. Un hámster está hambriento, y puede que tenga la experiencia de comer y que le guste, pero probablemente no sabe que le gusta comer.
2. El yo construido a partir de la correspondencia visual cinestésica, que conduce al MSR, el primer paso hacia la imitación, el fingimiento, la planificación, la emoción autoconsciente y la experiencia imaginativa.
3. El yo construido mediante símbolos, lenguaje y artefactos, que constituye la base de las creencias culturales y normas sociales compartidas, el habla interior, la disociación y la evaluación por parte de los demás y de uno mismo.[98]

Otro problema del test de MSR es que algunos pacientes con prosopagnosia (incapacidad para reconocer caras) no pueden reconocerse a sí mismos en un espejo. Piensan que están viendo a otra persona. Sin embargo, tienen un sentido del yo, razón por la cual el problema resulta tan inquietante para ellos. Por tanto, la ausencia de MSR no significa necesariamente falta de autoconciencia. Así, aunque el test MSR indique cierto grado de autoconciencia, tiene un valor limitado a la hora de evaluar hasta qué punto es autoconsciente un

animal. No responde a la pregunta de si un animal es consciente sólo de su yo visible o si es consciente de rasgos inobservables. Povinelli y Cant han sugerido que un sentido de autoconsciencia física en los primates no humanos podría haber evolucionado en los grandes primates arbóreos para afrontar los riesgos de cruzar los huecos entre los árboles, actividad en la que hay que tener en cuenta el propio peso a la hora de seleccionar la mejor ruta.[99] La conciencia de tener un cuerpo y de que sólo ciertas estructuras pueden soportarlo proporcionaría una ventaja adaptativa.

Si uno puede imitar las acciones de otro, es capaz de distinguir entre las acciones propias y las del otro. La capacidad de imitar es usada como prueba de autorreconocimiento en los estudios sobre el desarrollo madurativo de los niños. Hemos visto en el capítulo 5 que se dan pocas pruebas de imitación en el mundo animal. Josep Call ha recapitulado las investigaciones realizadas hasta el momento, y ha sacado la conclusión de que la mayoría de las pruebas relativas a los primates apuntan a la capacidad de reproducir el resultado de una acción, no de imitar la acción en sí misma.[100]

La sugerencia de Tulving de que la memoria episódica —que incluye en su definición la autoconciencia y la capacidad de proyectarse uno mismo hacia el pasado o el futuro— es exclusivamente humana ha abierto también un nuevo campo para la identificación de autoconciencia. Si un animal puede demostrar su capacidad de memoria episódica, debe tener concepto del yo. Tulving destaca los retos y los peligros de identificar la presencia de memoria episódica en animales. Gran parte de la investigación sobre memoria animal se ha centrado en la memoria perceptiva, que no requiere memoria declarativa. Aunque algunos test requieran algo más que memoria perceptiva, pueden superarse con éxito usando memoria semántica declarativa, sin recurrir a la episódica.

Muchos estudios previos han partido del supuesto que los animales tenían memoria episódica cuando exhibían ciertas conductas. Estos estudios, sin embargo, no separan la memoria de hechos, que sería memoria semántica, de la memoria de acontecimientos. Los test de memoria episódica piden al sujeto que responda el qué, el dónde, el cuándo (el cuándo ha estado ausente en la mayoría de los test), y a continuación una cuestión final que es la más difícil de estudiar. ¿Está el animal recordando la experiencia asociándola a un componente emocional, o sólo sabe que ocurrió? (Ésta es la diferencia entre saber cuándo naciste y recordar la experiencia de tu nacimiento, o la que hay entre saber que uno come cada día y recordar la experiencia de una comida en particular.) El problema ha sido idear un enfoque adecuado para abordar este aspecto experiencial. En los seres humanos basta con preguntarlo, aunque ni siquiera eso nos proporciona información fiable, porque tenemos al sabelotodo

del intérprete que suministra las respuestas que haga falta. Los estudios sobre animales han tenido que centrarse en criterios de conducta. Hemos tardado años en comprender que gran parte de lo que hacemos no está bajo control consciente, por mucho que pensáramos que sí lo estaba, de modo que la atribución de acción consciente a animales también será tentadora, aunque hay que evaluarla con rigor.

Povinelli y sus colegas realizaron un interesante estudio con niños que reveló una diferencia en el desarrollo de la memoria semántica y la episódica.[101] Primero pusieron discretamente una pegatina en la frente a niños de 2, 3 y 4 años mientras estaban jugando. Tres minutos más tarde, les enseñaron o bien un vídeo de esta acción, o bien una fotografía hecha con una Polaroid, para averiguar si un niño puede aplicar en el presente lo que ha aprendido acerca de una experiencia pasada. Alrededor del 75 % de los niños de 4 años buscaron inmediatamente su frente con la mano y se quitaron la pegatina, mientras que ninguno de los de 2 años y sólo un 25 % de los de 3 lo hicieron. No obstante, cuando dieron un espejo a los niños de 2 y 3 años y éstos pudieron verse a sí mismos, todos se quitaron inmediatamente las pegatinas. Los investigadores sugirieron que la diferencia observada entre los diferentes grupos de edad en cuanto a la reacción ante la información sobre sí mismos en vivo y la registrada indicaba la existencia de una dilación madurativa entre el desarrollo del concepto de sí mismo y el de un concepto de sí mismo que incluya la continuidad temporal. Concretamente, parece que los niños más pequeños no asumen que el estado que experimentan en el presente esté determinado por estados previos. Los niños de 2 y 3 años no son todavía capaces de proyectarse a sí mismos en el pasado, de viajar mentalmente en el tiempo. Esto constituye un indicio adicional de que poseer la capacidad de MSR no constituye una prueba de posesión de memoria episódica y autoconciencia plena, y que la memoria semántica y la episódica se desarrollan de forma independiente.

Thomas Suddendorf, psicólogo de la Universidad de Queensland, Australia, y Michael Corballis, de la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda, hicieron la interesante observación de que hay muchas capacidades cognitivas implicadas en el hecho de tener memoria episódica y viajar mentalmente en el tiempo. No hay un único módulo que realice esta función. Por lo tanto, para establecer si la memoria episódica está presente en otras especies, es necesario demostrar que poseen todas las capacidades cognitivas que se requieren. ¿Cuáles son estas capacidades? Además de cierto nivel de autoconciencia, deben tener una imaginación capaz de reconstruir el orden de los episodios, deben ser capaces de representarse su conocimiento (pensar en el pensamiento) y de di-

sociar su estado mental actual (ahora no estoy hambriento, pero en el futuro puedo estarlo). Para tener memoria episódica, un animal tiene que comprender también la relación de dependencia entre el conocimiento y la percepción, esto es, que ver es saber: *Sé que Susan no puede verme porque tiene los ojos tapados*; o *Sé que Ann no ha visto que Sally ha cambiado de sitio la pelota porque Ann no está en la habitación*. También requiere la capacidad de atribuir estados mentales al propio yo en el pasado: *Yo pensaba que los caramelos estaban en la caja azul, pero ahora sé que están en la roja*. En los niños, estos sistemas no están disponibles y en pleno funcionamiento hasta los 4 años. Estas capacidades cognitivas incluyen un concepto derivado de la hipótesis Bischof-Kohler, según la cual «los animales no humanos no pueden prever necesidades o estados apetitivos futuros y por lo tanto están limitados a un presente definido por su estado motivacional actual».[102] Esto significa que si un animal no está hambriento ahora, es incapaz de planificar para el futuro próximo acciones que tengan que ver con comida; no puede desacoplar o disociar su motivación actual (quizás echarse un rato) para planear algo que sería el resultado de un estado motivacional distinto.

La idea de que «los animales parecen estar anclados en el presente», sugerida por la revisión exhaustiva de estudios sobre memoria animal realizada por William Roberts,[103] psicólogo de la Universidad de Western Ontario, resulta un poco descabellada cuando piensas en que tu perro «sabe» que son las siete de la tarde y que es la hora de su paseo o que cada día a las cinco y media está en la puerta esperando que vuelvas a casa del trabajo. ¿Y qué hay de esas condenadas aves que tienen la inteligencia de volar al sur en invierno mientras tú estás lo bastante loco para quedarte en Buffalo, o de los osos que comen hasta hartarse durante todo el verano y pasan el invierno metidos en un agujero? Parecen tener un concepto del tiempo y hacer planes para el futuro. No obstante, estas capacidades parecen estar reguladas por señales internas que tienen que ver más con los ritmos circadianos que con un concepto del tiempo. Un oso que hiberna por primera vez no puede estar haciendo planes para el largo y frío invierno: no sabe ni siquiera que hay inviernos largos y fríos.

## *La búsqueda de memoria episódica en los animales*

Algunos de los estudios más prometedores en busca de memoria episódica en animales son los realizados por Nicola Clayton y Anthony Dickinson, catedráticos de la Universidad de Cambridge, con urracas.[104, 105, 106, 107, 108] Lo que resulta distintivo de los estudios es que estaban diseñados para determinar si las

urracas podían responder a preguntas sobre el qué, el dónde y el cuándo en relación con múltiples episodios únicos en el tiempo y evocados con flexibilidad. Más recientemente, las urracas han demostrado estar capacitadas para responder a la pregunta de quién. Por lo tanto, son capaces de usar los múltiples componentes de un acontecimiento, y no sólo un único fragmento de información.

Cuando estás al teléfono o al volante, y te refieres a una persona muy molesta como una cabeza de chorlito, puede que sin darte cuenta estés usando un epíteto totalmente inadecuado. Mientras la mayoría de nosotros seguíamos con nuestras vidas cotidianas, trabajando, disfrutando de nuestras vacaciones y preocupados por pagar los impuestos, ha estallado una verdadera revolución en el estudio del cerebro de los pájaros. ¡No es broma! Ha habido un cambio profundo en la comprensión de la anatomía del cerebro de los pájaros y de sus conexiones neurales, que ha conducido a nuevas ideas sobre la estructura y la función de diversas partes del cerebro de las aves.[109] Si bien las aves carecen de la estructura neocortical de los mamíferos, tienen muchas estructuras cerebrales que sirven para lo mismo que las estructuras cerebrales de los mamíferos, y cuentan con similares conexiones talamocorticales en bucle.[110] Gracias a esto, los expertos se han dado cuenta de que algunas especies de aves tienen mucho más en la cabeza de lo que se creía anteriormente. La presencia de conexiones en bucle similares a las que, según se ha señalado, permiten la conciencia extendida en los seres humanos, ha generado la hipótesis de que estas conexiones están realizando la misma función en los pájaros, proporcionándoles cierto grado de conciencia extendida. En realidad, esto no debería sorprender a nadie que haya pasado mucho tiempo observando cuervos, arrendajos, urracas o ciertas especies de loros.

De modo que, volviendo a las urracas, Clayton, una antigua colega mía de cuando ambos estábamos en la Universidad de California, en Davis, descubrió que las urracas de Florida (*Aphelocoma coerulescens*) esconden diferentes tipos de comida en distintos sitios, en varias épocas del año, para recuperarla y comerse de forma selectiva la que se degrada antes de recuperar y comerse la que se conserva bien. Los pájaros de Clayton responden satisfactoriamente a las preguntas de cuándo, qué y dónde, y lo hacen con flexibilidad. Lo que todavía no se ha resuelto es si se trata de conocimiento semántico o fruto de la experiencia. En realidad, todo lo que está demostrando la urraca es que puede poner al día su conocimiento, como sostiene el psicólogo Bennett Schwartz; es como el recuerdo de dónde tenemos las llaves. Debido a este problema, Clayton la llama memoria de tipo episódico.[111]

Otro hallazgo prometedor es que las urracas ajustan sus estrategias de ocultación para minimizar el robo potencial por parte de otros pájaros. Imagine-

mos que una urraca en particular (llamémosla *Buzz*) ha robado comida del escondite de otra en el pasado, y que mientras *Buzz* está escondiendo su comida, es observada por otra urraca; pues bien, cuando la otra ya no esté, *Buzz* volverá a ocultar su comida en secreto. No sólo eso, además *Buzz* se fijará en quién está observándola mientras la esconde. Si es un individuo dominante, es más probable que *Buzz* vuelva a esconder su comida en secreto que si se trata de un igual o un individuo subordinado. También es menos probable que vuelva a esconder su comida si aparece una nueva urraca que no la ha visto esconder la comida previamente.[112] Sin embargo, si *Buzz* nunca ha robado comida de otra urraca en el pasado, no volverá a esconder la comida aunque su maniobra de ocultación haya sido observada. Estos resultados indican que el cambio de escondite depende de las experiencias previas de la urraca como ladrona.[113] Caminando por el lado salvaje, Clayton y su equipo sugieren que quizás estas urracas estén demostrando saber lo que otra urraca sabe: tienen una teoría de la mente.

Quizá recuerdes que, en el capítulo 2, vimos los estudios de Mulcahy y Call según los cuales los orangutanes y los bonobos eran capaces de llevar a cabo conductas planificadas.[114] Son la mejor prueba hasta el momento de que el viaje mental imaginario no es exclusivo de los seres humanos. Estos estudios demostraban la capacidad de planificar para el futuro el uso de herramientas cuando el sujeto llevaba una herramienta de una habitación a otra para poder usarla hasta catorce horas más tarde. Los autores concluían:

> Debido a que los mecanismos de aprendizaje tradicionales o ciertas predisposiciones biológicas parecen insuficientes para explicar nuestros resultados actuales, proponemos que representan un caso genuino de planificación para el futuro. Los sujetos ejecutaban una respuesta (transporte de herramientas) que no había sido reforzada durante el entrenamiento, en ausencia del aparato o de la recompensa, que no producía consecuencias ni reducía ninguna necesidad presente, pero que era crucial para satisfacer necesidades futuras. La presencia de planificación para el futuro tanto en bonobos como en orangutanes sugiere que sus precursores podrían haber evolucionado antes de 14 Ma* en los grandes simios. Junto con las recientes pruebas procedentes de urracas, nuestros resultados sugieren que la planificación para el futuro no es una capacidad exclusivamente humana.

Suddendorf está de acuerdo en que estos hallazgos son muy sugestivos, pero señala que los investigadores no midieron o controlaron los estados mo-

* Hace 14 millones de años.

tivacionales de los sujetos. Piensa que «aunque los datos sugieren la previsión del uso futuro de una herramienta, no necesariamente implican previsión de un futuro estado mental».[115] Parece que la búsqueda de memoria episódica no humana sigue en pie, y el principal escollo es actualmente la dificultad de diseñar test que puedan demostrar su existencia; no obstante, hay lentos progresos en este campo.

## *¿Piensan los animales en lo que saben?*

Mientras que la mayoría de las investigaciones sobre cognición animal se han centrado en la cuestión de la teoría de la mente y lo que un animal sabe sobre el conocimiento de otros, pocas han tratado de averiguar lo que un animal sabe sobre su propio conocimiento. Un enfoque más novedoso en la búsqueda de conciencia autorreflexiva ha sido investigar la presencia de metacognición, o capacidad de pensar sobre el pensamiento, que es la conciencia de las propias operaciones mentales. ¿Piensan los animales en lo que saben? Ésta es otra cuestión difícil de estudiar.

Un enfoque ha sido comprobar la presencia de incertidumbre. Los seres humanos saben cuando no saben algo, o cuando no están seguros de algo. J. David Smith, psicólogo de la State University de Nueva York, en Buffalo, pensó que diseñar un test que incluyese incertidumbre podría revelar la presencia de metacognición en animales. Diseñó un test de densidad visual en el que monos resus y seres humanos usaban una palanca de control para mover un cursor hasta uno de tres objetos en la pantalla de un ordenador.[116] Los sujetos debían juzgar si una caja estaba muy iluminada (exactamente 2.950 píxeles) o poco iluminada, cuando tenía menos píxeles. Podían escoger la respuesta «densa», la respuesta «poco densa» o la respuesta «incierta», que estaba representada por una estrella en la pantalla. Si escogían la estrella, pasaban automáticamente a una nueva prueba en la que el éxito estaba garantizado. La dificultad de la discriminación aumentaba gradualmente, hasta que la mayoría de los sujetos fallaba en torno al nivel de los 2.600 píxeles. Curiosamente, las respuestas de monos y seres humanos fueron, en su mayoría, muy parecidas. Después del test, los seres humanos explicaron verbalmente que, cuando habían calculado que la pantalla estaba o bien densa, o bien poco densa, sus respuestas dependían del estímulo visual; sin embargo, cuando respondían que no estaban seguros, era debido a sentimientos personales de duda e incertidumbre: «No estaba seguro», «no lo sabía» o «no podía decirlo». Smith concluyó que, en los seres humanos, la respuesta «incierta» podría revelar no sólo supervisión

metacognitiva, sino también una conciencia reflexiva del yo como supervisor cognitivo.

Se realizó un estudio similar con un delfín mular empleando un test de discriminación auditiva. El delfín tenía que presionar una pala situada en un lugar alto para el tono elevado (2.100 Hz), una pala más baja para cualquier otro tono, y una tercera pala si no estaba seguro. Esta última fue escogida cuando el tono se aproximaba a los 2.085 Hz o era mayor. El delfín, cuando respondía con certeza, también nadaba rápidamente hacia la pala; sin embargo, cuando no estaba seguro, nadaba más despacio y daba vueltas alrededor de las palas.[117] La demostración de que los animales tienen una respuesta de incertidumbre, y que la usan en situaciones semejantes a aquellas en las que los seres humanos muestran incertidumbre, fue interpretada en el sentido de que los monos y los delfines tienen metacognición.

Esta sugerencia ha provocado reacciones diversas, que oscilan entre los que están de acuerdo y los escépticos.[118] El problema reside en la suposición inicial de que, cuando escogían la respuesta de incertidumbre, los seres humanos estaban pensando en su pensamiento. No creo que la metacognición hiciese su aparición hasta el momento en que fueron interrogados sobre su respuesta. Es entonces cuando el intérprete del hemisferio izquierdo surge al instante para explicar la respuesta dada. La elección estaba impulsada por reacciones emocionales al estímulo, la vieja respuesta acércate/no te acerques. El problema deriva de la suposición de que los seres humanos estaban usando cognición superior cuando es posible que no lo hiciesen. El filósofo Derek Browne, de la Universidad de Canterbury, en Christchurch, Nueva Zelanda, adopta una posición semejante al analizar los resultados del estudio con el delfín. Sugiere que no es hasta el sondeo (o interrogatorio) que tiene lugar tras el experimento cuando los sujetos aplican conceptos psicológicos a sus propias acciones anteriores.[119]

Los últimos test han sido los realizados con ratas por Allison Foote y Jonathon Crystal, de la Universidad de Georgia. Primero las ratas oían o bien un sonido corto, o bien un sonido largo. A continuación, para obtener una recompensa, debían decidir si el sonido que acababan de oír había sido largo o corto. Esto resultaba fácil hasta que se les presentaban sonidos de duración intermedia. Si la rata estaba en lo cierto, obtenía una gran recompensa de comida, y si se equivocaba, nada de nada. Sin embargo, antes de hacer su elección, la rata podía optar por no hacer la prueba y obtenía una pequeña recompensa de comida. A veces, no obstante, no se le permitía no hacer la prueba, pues se le forzaba a elegir. Sucedieron dos cosas interesantes. Cuanto más difícil era distinguir entre sonido largo o corto, mayor era la frecuencia con que las ratas

optaban por abandonar la prueba si podían. Y segundo, como era de esperar, la exactitud de las respuestas declinaba a medida que aumentaba la dificultad de la tarea de discriminación temporal, pero esta disminución en la precisión era mayor cuando se forzaba a las ratas a hacer la prueba. Estos hallazgos sugieren que las ratas pueden evaluar si van a pasar una prueba basándose en cada intento.[120] Las ratas sabían lo que sabían sobre la duración del sonido.

Josep Call ha enfocado la metacognición desde un ángulo distinto. Planteó a sus sujetos un problema que debían resolver partiendo de información incompleta, para averiguar si buscarían información adicional: ¿Sabrían que no sabían lo bastante para resolver el problema? Realizó el test en orangutanes, gorilas, chimpancés, bonobos, y niños de 1 año y medio y 2 años.[121, 122] Presentaba a sus sujetos dos tubos opacos. Ponía una golosina en uno cuando el sujeto podía verle, o bien lo hacía ocultándose tras una pantalla. A continuación dejaba que el sujeto escogiese el tubo que quería, inmediatamente o tras un espacio de tiempo. La cuestión era: cuando los sujetos no tuviesen información suficiente sobre qué tubo era el que contenía la golosina, ¿buscarían más información antes de escoger uno de los dos tubos? ¡Lo hicieron! De hecho, en muchos de los intentos, después de mirar dentro de uno de los tubos y ver que estaba vacío, los simios escogían el otro sin comprobarlo antes. Inferían que la golosina estaba en el otro tubo. En esto, eran más hábiles que los niños. Impedir que los simios escogiesen inmediatamente aumentaba la conducta de comprobación visual y, obviamente, su éxito. Sin embargo, esto no cambió la conducta de los niños. Call sugiere que «es probable que los simios tuviesen más éxito en la situación demorada porque no tenían que inhibir las poderosas respuestas suscitadas por la expectativa de obtener la recompensa».[122] Como hemos visto antes, la inhibición no es precisamente uno de los rasgos sobresalientes de la conducta de los chimpancés.

Call es muy prudente en sus conclusiones acerca de lo que este estudio revela sobre la cognición de los grandes simios y sobre si hay metacognición implicada. El debate está en si están usando una regla fija innata como «Busca hasta que encuentres comida», o acaso una regla fija aprendida a partir de una experiencia concreta como «Inclínate en presencia de una barrera», o bien están usando una regla flexible, basada en la acumulación de conocimiento fruto de múltiples experiencias sin que ninguna de ellas sea la misma que la que se presenta ahora, como, por ejemplo, «Cuando tu acceso visual esté bloqueado, haz algo apropiado para obtener acceso visual». En su consideración actual de esta cuestión, Call se inclina por la última explicación.

¿Puede la anatomía ayudarnos en algo? Quizá. Si supiésemos exactamente cuáles son los correlatos neurales de la conciencia humana, cosa que no sabe-

mos, podríamos comprobar si existen sus equivalentes en otras especies. Parece que los bucles de conexión de largo alcance son necesarios. Como he mencionado antes, estos bucles fueron identificados en los cerebros de pájaros, y también en otros primates. Aunque se precisa mucha más investigación en el campo de la anatomía comparada, a la hora de comparar anatomías tenemos un problema. No es la misma cosa que comparar funciones. Podría haber más de un camino que lleve a Roma, esto es, podría haber soluciones neurales o rutas a la conciencia distintas de las del cerebro humano, que dieran como resultado diferentes tipos de conciencia.

Así que nos quedamos con las conclusiones de Antonio Damasio. Algunos animales tienen cierto grado de conciencia extendida, pero todavía se desconoce qué animales la poseen y hasta qué punto. Parece haber cierto grado de autoconciencia corporal en un número muy limitado de especies, pero incluso a medida que se diseñan nuevos test para comprobar tales capacidades, la multitud de cerebros evaluados por los test continúan revelando agujeros en su validez y también en su interpretación. Las pruebas actualmente disponibles sugieren que los animales no tienen memoria episódica y no viajan mentalmente en el tiempo, aunque tendremos que seguir prestando atención a Nicola Clayton y sus urracas. Los últimos estudios en busca de pruebas de metacognición animal en ratas son prometedores, pero todavía precisan ser perfeccionados para poder sacar conclusiones definitivas.

## Conclusión

Recientemente, un periodista de la revista *Time* me preguntó lo siguiente: «Si pudiésemos construir un robot o un androide que duplicase los procesos que hay tras la conciencia humana, ¿sería realmente consciente?». Es una cuestión que da que pensar y que persiste, sobre todo cuando uno intenta captar las diferencias entre las esferas de conciencia de distintos animales y también las que existen entre los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho por separado. Gran parte de lo que he escrito aquí sobre la bisección del cerebro ya había sido publicado. Sin embargo, opino que el modo en que todos nosotros matizamos nuestra comprensión de temas complejos es siempre cambiante, puesto que nadie tiene las respuestas verdaderas metidas en el bolsillo. Me vi a mí mismo respondiendo al periodista con lo que yo considero un nuevo giro en esta comprensión.

En el trasfondo de esta cuestión está la suposición de que la conciencia refleja cierto tipo de proceso que lleva nuestros tropecientos millones de pen-

samientos a una energía y realidad especiales, llamadas conciencia personal o fenoménica. Pero no es así como funciona. La conciencia es una propiedad emergente y no un proceso en y por sí mismo. Cuando uno nota el sabor de la sal, por ejemplo, la conciencia del sabor es una propiedad emergente del sistema sensorial, no de la combinación de los elementos que componen la sal común. Nuestras capacidades cognitivas, nuestros recuerdos, nuestros sueños y demás son un reflejo de procesos distribuidos por todo el cerebro, y cada una de estas entidades produce sus propios estados de conciencia emergentes.

En conclusión, hay que recordar este simple hecho. Un paciente de cerebro dividido, un ser humano en el que se han desconectado las dos mitades del cerebro, no se siente como si una parte del cerebro echara de menos a la otra. El hemisferio izquierdo ha perdido toda conciencia sobre los procesos mentales controlados por el hemisferio derecho, y viceversa. Es exactamente lo mismo que ocurre al envejecer o al sufrir una enfermedad neurológica localizada. No echamos de menos aquello a lo que ya no tenemos acceso. El estado de conciencia surge a partir de cada capacidad y probablemente a través de circuitos neurales específicos de la capacidad en cuestión. Si se desconectan o se dañan, ya no existe sistema de circuitos subyacente del que pueda surgir la propiedad emergente en cuestión.

Los miles de millones de momentos conscientes que tenemos cada uno de nosotros son el reflejo de una de nuestras redes «en acto de servicio». Estas redes están por todas partes del cerebro, no en un lugar específico. Cuando acaba una, surge la siguiente. Es un dispositivo similar a un órgano de tubos que está todo el día tocando su canción. Lo que hace que la conciencia humana emergente sea tan vibrante es que nuestro órgano de tubos puede tocar un montón de canciones, mientras que el de la rata puede tocar muy pocas. Y cuantas más canciones sepamos, mejor será el concierto.

# CUARTA PARTE

## Más allá de las constricciones actuales

# Capítulo 9
# ¿QUIÉN QUIERE CARNE?

*Los principios que ahora se está descubriendo que rigen el cerebro pueden dar lugar, en el futuro, a máquinas aún más potentes que las que podemos prever en el presente.*

J. Z. YOUNG, *Doubt and Certainty in Science: A Biologist's Reflections on the Brain*, 1960

*El hombre debería saber que del cerebro, y no de otro lugar, vienen las alegrías, los placeres, la risa y la broma, y también las tristezas, la aflicción, el abatimiento y los lamentos.*

HIPÓCRATES, c. 400 a.C.

Yo soy un fiborg, y tú también lo eres. Los fiborgs, o ciborgs funcionales, son organismos biológicos cuyas funciones están complementadas por extensiones tecnológicas.[1] Por ejemplo, los zapatos. Para la mayoría, llevar zapatos no es un problema. De hecho, ha resuelto muchos problemas, como andar sobre superficies con gravilla, clavarse espinas en el pie, cruzar andando el suelo asfaltado de un aparcamiento a pleno sol de mediodía en un día de junio en Phoenix, o en un día de enero en Duluth, y no hay duda de que llevar zapatos ha evitado más de un millón de pies magullados sólo en el último mes. En general, a nadie le preocupa la existencia y el uso de los zapatos. Son herramientas, fruto del ingenio del hombre y que le hacen la vida más fácil y placentera. Después de que inventores e ingenieros diesen el visto bueno al concepto, el diseño básico y el desarrollo del producto, el departamento de estética tomó el relevo, le dieron unas cuantas vueltas al asunto y salieron con lo de los tacones altos. Quizá no sean tan prácticos, pero sirven un propósito diferente, más específico: cruzar andando ese aparcamiento estando sexy.

Llevar vestidos también ha sido bien recibido por la gente. Proporcionan protección, tanto del frío como del sol, de los arañazos y los roces, y pueden

disimular años de errores imprudentes en la ingesta de alimentos. Los relojes, utensilios muy prácticos, son utilizados sin problema por un gran número de personas, y actualmente suelen estar controlados por un pequeño ordenador sujeto a la muñeca. Las gafas de cristal y las lentes de contacto son hoy comunes. Cuando se introdujo su uso, no hubo ninguna gran revolución. Los teléfonos móviles parecen estar quirúrgicamente implantados en las manos de los adolescentes y, en realidad, de la mayoría de la gente. Fabricar útiles a la moda que nos hagan la vida más fácil es algo que los seres humanos hemos hecho siempre. Los seres humanos llevamos miles de años siendo fiborgs, término acuñado por Alexander Chislenko, que era un teórico experto en inteligencia artificial, investigador y programador informático para varias compañías privadas y el MIT. El primer hombre de las cavernas que se puso un pedazo de pellejo de animal en la planta del pie y ya no quiso salir de casa sin él se convirtió, en cierta medida, en un fiborg. Chislenko diseñó un test para detectar el grado de ciborgización funcional:

> ¿Dependes de la tecnología hasta el punto de que no podrías sobrevivir sin ella?
>
> ¿Te negarías a llevar un estilo de vida libre de cualquier tecnología aunque pudieses resistirlo?
>
> ¿Te sentirías avergonzado y «deshumanizado» si alguien te quitara tus coberturas artificiales (tu ropa) y expusiera tu cuerpo natural biológico en público?
>
> ¿Consideras que tus depósitos bancarios son un sistema de almacenamiento de recursos personales más importante que tus depósitos de grasa?
>
> ¿Te identificas a ti mismo y juzgas a los demás más por las posesiones, la capacidad de manipular herramientas y los cargos en los sistemas social y tecnológico que por los rasgos biológicos primarios?
>
> ¿Pasas más tiempo pensando en —y hablando de— tus «posesiones» y «accesorios» externos que en tus «partes» internas?

No sé tú, pero yo preferiría mil veces oír hablar a un amigo de su nuevo Maserati que de su hígado. Llámame fiborg, si quieres.

Los ciborgs, por otra parte, tienen una integración física de estructuras biológicas y tecnológicas. Y ahora tenemos unos cuantos entre nosotros. Más allá de la fabricación de herramientas, los seres humanos se han metido en el negocio del mercado de ocasión de partes del cuerpo. ¿Quiere poner al día su cadera o su rodilla? Suba a esta mesa. ¿Ha perdido un brazo? Veamos qué se puede hacer para ayudarle. Pero las cosas se ponen un poco más interesantes cuando nos adentramos en el mundo de los implantes. La sustitución de cade-

ras y rodillas está bien vista, pero si uno inicia una discusión sobre implantes de pecho, la cosa puede acabar en un debate animado, y a veces acalorado, sobre los rellenos de silicona. Las mejoras provocan la ira de algunas personas. ¿Por qué se ponen así? ¿Qué hay de malo en mejorar el cuerpo?

Nos metemos en un terreno más resbaladizo si cabe cuando empezamos a hablar de implantes neurales. Algunas personas temen que manipular el cerebro mediante el uso de prótesis neurales suponga una amenaza para la identidad personal. ¿Qué es una prótesis neural?: un dispositivo implantado para restablecer una función neural perdida o alterada. Pueden colocarse en la parte de las aferencias (los datos sensoriales que entran en el cerebro) o en la parte de las eferencias (la traducción de las señales neuronales en acciones). Actualmente, el implante neural de mayor éxito es el que se usa para restablecer la percepción sensorial auditiva: el implante coclear.

Hasta hace poco, los «artefactos» o herramientas creados por el hombre estaban dirigidos al mundo externo. Últimamente, los implantes terapéuticos —como miembros artificiales, marcapasos, fármacos y potenciadores físicos— se han utilizado o bien del cuello para abajo, o bien con fines cosméticos (esto incluye los trasplantes capilares). Hoy estamos usando medicaciones terapéuticas que afectan al cerebro para tratar enfermedades mentales, ansiedad y trastornos del humor. Las cosas están cambiando, y deprisa. Se prevé que los avances tecnológicos y científicos en muchas áreas, incluidas la genética, la robótica y la tecnología informática, provoquen una revolución de un alcance que los seres humanos nunca habían experimentado antes, un cambio que muy bien podría afectar lo que significa ser humano, cambios que esperamos que mejoren nuestra vida, nuestras sociedades y el mundo.

Ray Kurzweil, investigador en inteligencia artificial, afirma que el conocimiento en estas áreas está aumentando en proporción exponencial, no lineal.[2] Es la proporción en la que te gustaría que aumentara el precio de tus acciones. El ejemplo clásico de crecimiento exponencial es la historia sobre el campesino listo que vimos en clase de matemáticas: el tipo que consiguió un trato con un rey poco dotado en matemáticas, que debía darle un grano de arroz por la primera casilla de un tablero de ajedrez, doblarlo en la segunda y así sucesivamente hasta que, cuando el rey hubiese alcanzado el final del tablero, habría perdido su reino y mucho más. Durante la primera y la segunda filas del tablero las cosas progresan más bien despacio, pero llega un punto en que doblar la cantidad anterior representa un cambio enorme.

En 1965 Gordon Moore, uno de los cofundadores de Intel, la empresa fabricante de semiconductores más grande del mundo, hizo la observación de que, en un circuito integrado, el número de transistores por el coste mínimo

por componente se dobla cada veinticuatro meses. Eso significa que cada veinticuatro meses podían doblar el número de transistores en un circuito sin aumentar el coste. Esto es crecimiento exponencial. Carver Mead, catedrático de Caltech, denominó a esta observación la Ley de Moore, y ha sido considerada tanto una predicción como un objetivo de crecimiento en la industria tecnológica. Sigue cumpliéndose. En los últimos sesenta años, la velocidad de computación, medida en lo que se conoce como operaciones de punto flotante por segundo (FLOPS, por sus siglas en inglés), ha aumentado de 1 FLOPS a... ¡más de 250 billones de FLOPS! Como afirma Henry Markram, director del proyecto *Blue Brain* de IBM (del que hablaremos más tarde), ésta es, «con mucho, la tasa de crecimiento más grande en cualquier clase de industria hecha por el hombre, en los cerca de 10.000 años de civilización humana».[3] La curva de un gráfico de cambio exponencial, en vez de aumentar gradualmente de modo continuo como lo haría la curva de un gráfico lineal, aumenta gradualmente hasta alcanzar un punto crítico, tras lo cual hay un cambio de inflexión tal que la línea se vuelve casi vertical. Esta «comba» en la curva es el punto en el que según Kurzweil estamos actualmente, en el ritmo de cambio que se va a producir debido al conocimiento adquirido en estos campos. Él cree que no somos conscientes de este cambio ni estamos preparados para él, porque hasta ahora estábamos en el estadio anterior de progresión lenta de la curva, y nos inducían a pensar que el ritmo de cambio era lineal.

¿Cuáles son los grandes cambios para los que no estamos preparados? ¿Qué tienen que ver con las cualidades únicas que nos hacen ser humanos? No vas a creértelos a menos que vayamos aproximándonos a ellos poco a poco, así que eso es lo que vamos a hacer.

## AYUDAS DE SILICONA: LA HISTORIA DEL IMPLANTE COCLEAR

Los implantes cocleares han ayudado a cientos de miles de personas con graves problemas de audición (debidos a la pérdida de células ciliadas del oído interno, que son las responsables no sólo de transmitir, sino también de aumentar o reducir los estímulos auditivos), frente a los que el típico audífono no sirve de nada. De hecho, un niño sordo de nacimiento al que se le han colocado los implantes a una edad lo suficientemente temprana (el momento óptimo es entre los 18 y los 24 meses), podrá aprender a hablar normalmente, y aunque su audición quizá no será perfecta, sí será lo bastante funcional. Por muy maravilloso que nos parezca esto, en los años noventa del siglo pasado muchos miembros de la comunidad de sordos estaban preocupados por la idea de que

los implantes cocleares afectaran negativamente a la cultura de los sordos y que, más que una intervención terapéutica, estos dispositivos constituyeran un arma con la que la comunidad médica estaba perpetrando un genocidio cultural contra la comunidad de sordos. Algunos consideraban que oír era un perfeccionamiento, una capacidad adicional que les situaba por encima de otros miembros de la comunidad, obtenida a través de medios artificiales. Aunque las personas con implantes cocleares aún podían emplear el lenguaje de signos, al parecer no siempre eran bien recibidos.[4] Esta reacción, ¿es una manifestación de la teoría de Richard Wrangham que conocimos en el capítulo 2, según la cual los seres humanos somos una especie inclinada a la violencia pandillera, con un sesgo endogrupo/exogrupo? Esta actitud está cambiando lentamente, pero todavía la mantienen muchas personas.

Para entender los implantes cocleares, y toda la neuroprotésica, es importante entender también que el cuerpo funciona con electricidad. David Bodanis, en su libro *Electric Universe* (Universo eléctrico), nos ofrece una gráfica descripción de ello: «Nuestro cuerpo en su totalidad opera con electricidad. Nudos de cables eléctricos vivientes se extienden hasta las profundidades de nuestro cerebro; intensas fuerzas eléctricas y magnéticas recorren nuestras células, transportando alimento o neurotransmisores a través de microscópicas barreras membranosas; incluso nuestro ADN está controlado por potentes fuerzas eléctricas».[5]

## UNA DIGRESIÓN SOBRE LA CIUDAD ELÉCTRICA

La fisiología del cerebro y del sistema nervioso central ha supuesto un reto para nuestra comprensión. No hemos hablado mucho de fisiología, pero es la estructura subyacente a todo lo que ocurre en el cuerpo y el cerebro. Todas las teorías sobre mecanismos cerebrales deben fundamentarse en una comprensión de la fisiología. La naturaleza eléctrica del cuerpo y el cerebro quizá sea más fácil de digerir bocado a bocado; por suerte para nuestra digestión, esta historia en continuo desarrollo empezó en una de las ciudades más sabrosas del mundo: Bolonia, Italia. En 1791 Luigi Galvani, médico y físico, colgó la pata de una rana en la barandilla de acero de su balcón, sujeta a un cable de cobre. La condenada empezó a echar chispas. Algo estaba ocurriendo entre esos dos metales. Cargó otra pata de rana con un poco de electricidad, y de nuevo echó chispas. Después de investigar el fenómeno un poco más, sugirió que el nervio y el músculo generaban su propia corriente eléctrica, y que ésa era la causa de las chispas. Galvani pensó que la electricidad provenía del músculo, pero su

amigo e interlocutor intelectual, el físico Alessandro Volta, originario del sur del lago Como, se acercó más a la verdad al sugerir que la electricidad de dentro y fuera del cuerpo era prácticamente el mismo tipo de reacción electroquímica que tenía lugar entre los metales.

Hace casi cien años, otro médico y físico, el alemán Hermann von Helmholtz, que estaba metido en todos los campos imaginables, desde percepción visual y auditiva hasta termodinámica química y filosofía de la ciencia, averiguó un poco más. Según él, la corriente eléctrica no era un subproducto de la actividad celular sino que, en realidad, era lo que transmitía mensajes a lo largo del axón de la célula del sistema nervioso. También estableció que, aunque la velocidad a la que se desplazaban estos mensajes eléctricos (señales) era mucho menor que en un cable de cobre, las señales nerviosas mantenían su fuerza, mientras que las del cobre no. ¿Qué estaba pasando? Bueno, en el cable las señales se propagan pasivamente, o sea, que esto no sería lo que ocurría con las células nerviosas. Von Helmholtz descubrió que las señales se propagaban debido a una acción ondulatoria que iba a una velocidad de unos 27 metros por segundo. Es decir, que Helmholtz resolvió su parte del problema y pasó el testigo.

¿Cómo se propagaban esas señales? Julius Bernstein, antiguo ayudante de Helmholtz, se volcó en el problema y propuso la teoría de la membrana, publicada en 1902. La mitad de la teoría ha demostrado ser verdadera; la otra mitad, no del todo.

Cuando un axón nervioso está en reposo, hay una diferencia de voltaje de 70 milivoltios entre el interior y el exterior de la membrana que lo rodea, residiendo la mayor carga negativa en el interior. Esta diferencia de voltaje entre el interior y el exterior de la membrana se conoce como potencial de membrana en reposo.

Cuando te haces un análisis de sangre, parte de lo que se analiza son tus niveles de electrólitos. Los electrólitos son átomos con carga eléctrica (iones) de sodio, potasio y cloro. Tus células están ahí tumbadas tomando un baño en estas sustancias, pero los iones también están dentro de las células, y es la diferencia entre sus concentraciones dentro y fuera de las mismas lo que determina la diferencia de voltaje.

Fuera de la célula hay iones de sodio con carga positiva (átomos a los que les falta un electrón) equilibrados por iones de cloro con carga negativa (átomos de cloro con un electrón adicional). Dentro de la célula hay gran cantidad de proteína con carga negativa, equilibrada por iones de potasio con carga positiva. No obstante, puesto que el interior tiene una carga global negativa, no toda la proteína está equilibrada por el potasio. ¿Qué significa esto? Berns-

tein, dejando de lado toda precaución, sugirió que existían poros selectivamente permeables (hoy denominados «canales iónicos») que sólo dejaban entrar y salir al potasio. El potasio sale de la célula y permanece cerca de la membrana celular, aumentando la carga positiva, mientras que el exceso de iones de proteína cargados negativamente hace que la superficie interior de la membrana tenga carga negativa. Esto provoca la diferencia de voltaje en reposo.

Pero ¿qué ocurre cuando la neurona dispara hacia afuera una señal (denominada «potencial de acción»)? Bernstein sugirió que, durante una fracción de segundo, la membrana pierde su permeabilidad selectiva, dejando que cualquier ion pueda atravesarla. Los iones podrían entonces entrar y salir de la célula, neutralizando la carga y bajando el potencial de reposo a cero. No se necesitan grandes y aparatosas reacciones bioquímicas, sólo gradientes de concentración de iones. Esta segunda parte tuvo que ser perfeccionada algo más adelante, pero primero hablaremos de otro médico y científico, Keith Lucas.

En 1905, Lucas demostró que los impulsos nerviosos están regidos por un sistema de todo o nada. Existe cierto umbral de estimulación necesario para que un nervio responda y, una vez alcanzado este umbral, la célula nerviosa lo da todo. O bien dispara completamente, o bien no dispara: o lo tomas o lo dejas, cariño. Aumentar el estímulo no aumenta la intensidad del impulso nervioso. Junto a uno de sus estudiantes, el barón Edgar Adrian, Lucas planeaba registrar los potenciales de acción del sistema nervioso, pero estalló la Primera Guerra Mundial, y Lucas murió en un accidente de avión.

Adrian se pasó la guerra atendiendo a soldados con *shock* traumático* y daños en el sistema nervioso, y cuando terminó, volvió a su universidad, Cambridge, para dirigir el laboratorio de Lucas y estudiar los impulsos nerviosos. Adrian se propuso registrar estas señales que se propagaban, los potenciales de acción, y al hacerlo obtuvo información valiosísima y de paso recibió un premio Nobel.

Adrian descubrió que todos los potenciales de acción producidos por una célula nerviosa son iguales. Si se ha alcanzado el umbral para generar la señal, la célula dispara con la misma intensidad, al margen de la situación, la fuerza o la duración del estímulo. Así que un potencial de acción es nada más y nada menos que un potencial de acción. Visto uno, vistos todos. Ahora bien, esto

* El término original inglés es *Shell shock*, voz médica que designa en Gran Bretaña una sintomatología traumática común entre los combatientes de la Primera Guerra Mundial y que se atribuía al efecto de la explosión de granadas. *(N. del t.)*

resultaba un poco desconcertante. Si los potenciales de acción eran siempre iguales, ¿cómo podían servir para transmitir mensajes distintos? ¿En qué se distinguían los estímulos? ¿Cómo distinguir entre un apretón de manos flácci-do y uno firme, entre un día soleado y una noche de luna llena, entre perro ladrador y perro mordedor?

El barón Adrian observó que la frecuencia de los potenciales de acción estaba determinada por la intensidad del estímulo. Si se trata de un estímulo suave, como una pluma acariciándote la piel, tienes sólo un par de potenciales de acción, pero si es un pinchazo intenso puedes tener cientos. La duración de un estímulo determina durante cuánto tiempo se van a generar potenciales. No obstante, si el estímulo es constante, aunque los potenciales de acción sigan teniendo la misma intensidad, su frecuencia se va reduciendo gradualmente y la sensación disminuye. Y el contenido del estímulo, sea perceptivo (visual, olfativo, etcétera) o motor, está determinado por el tipo de fibra nerviosa estimulada, su recorrido y su destino final en el cerebro. Adrian averiguó también algo muy interesante sobre la corteza somatosensorial, el destino de todas estas neuronas perceptivas. Diferentes especies de mamíferos utilizan diferentes porciones de corteza somatosensorial para procesar diferentes percepciones: las distintas especies no tienen las mismas capacidades sensoriales; todo depende de lo grande que sea el área de su corteza somatosensorial correspondiente a cada capacidad concreta.

Esto también vale para la corteza motora. Los cerdos, por ejemplo, tienen la mayor parte de la corteza somatosensorial dedicada al hocico. Los potros y las ovejas cuentan con una gran área de los orificios nasales: es tan grande como la correspondiente al resto del cuerpo en su totalidad. Los ratones tienen una enorme área de los pelos del bigote, y en los mapaches el 60 % de la neocorteza está dedicada a los dedos y las plantas de los pies. Los primates tenemos unas grandes áreas de la mano y la cara, tanto para la sensación como para el movimiento motor. Notamos una sensación mucho mayor por el mismo precio cuando tocamos algo con el dedo índice que cuando usamos otras partes del cuerpo. Ésta es la razón de que, cuando tocamos un objeto con el dedo en la oscuridad, es más probable que seamos capaces de determinar qué es que si lo tocamos con nuestra espalda. También es la razón de que tengamos unas manos tan diestras y un rostro tan expresivo. Sin embargo, nunca sabremos qué se siente al tener las percepciones de un cerdo. Aunque la fisiología básica sea la misma, las conexiones y las áreas somatosensoriales difieren entre las distintas especies de mamíferos. En parte, nuestras capacidades y experiencias únicas, y el carácter único de todas las especies animales, dependen de la constitución de la corteza motora y somatosensorial.

A continuación, Alan Hodgkin, uno de los estudiantes de Adrian, descubrió que la corriente generada por el potencial de acción era más que suficiente para disparar otro potencial de acción en el segmento siguiente de un axón. Cada potencial de acción tenía más potencia de la requerida para disparar el siguiente. Por lo tanto, podían perpetuarse indefinidamente. Es por eso por lo que, una vez generados, no perdían su fuerza. Más adelante, Hodgkin y uno de sus estudiantes (¿llevas la cuenta de la genealogía?), Andrew Huxley, perfeccionaron la teoría de la membrana de Bernstein, y también recibieron un premio Nobel por su trabajo. Mediante el estudio de la neurona del calamar gigante, la más grande de todas (imagínatela como una tira de espagueti), fueron capaces de registrar potenciales de acción desde dentro y desde fuera de la célula. Confirmaron la diferencia de –70 milivoltios propuesta por Bernstein, pero advirtieron que, en el potencial de acción, había de hecho un cambio de 110 milivoltios, y que el interior de la célula acababa con una carga positiva de 40, no el estado neutro que había supuesto él.

De algún modo, iones positivos en exceso entraban en la célula y permanecían dentro. Hodgkin y Huxley sugirieron que la membrana selectivamente permeable también lo era de otra manera. Resulta que hay otra serie de poros, que denominaron «canales dependientes de voltaje», que dejaban entrar selectivamente iones de sodio cuando la membrana se estimulaba lo suficiente, pero sólo los dejaban entrar por una milésima de segundo. Entonces se cerraban también de golpe, todos ellos regulados por los gradientes de voltaje iónico cambiantes a lo largo de la membrana celular. Acto seguido, puesto que el interior de la célula tenía ahora un exceso de sodio, una proteína se ligaba a éste y lo transportaba fuera de la célula. Esta propagación del potencial de acción pasaba del extremo de un axón al otro. Con la llegada de la biología molecular, se descubrieron más cosas. Estos canales iónicos son en realidad proteínas que rodean la membrana celular; tienen poros llenos de fluido que permiten pasar a los iones.

Así que es la corriente eléctrica la que conduce un impulso a lo largo de un axón del sistema nervioso. Sin embargo, entre una neurona y otra no pasa electricidad alguna, pese a que esto es lo que se creyó durante muchos años. En realidad, son sustancias químicas las que transmiten una señal de una neurona a otra a través de un pequeño espacio, llamado «sinapsis». Estas sustancias químicas reciben el nombre de «neurotransmisores». El neurotransmisor químico se liga a la proteína en la membrana sináptica, la unión hace que la proteína abra su canal iónico, y esto pone en marcha el potencial de acción a través del siguiente axón. Muy bien, volvamos ahora a nuestra historia de los implantes neurales.

## EL TORO BRAVO

El pionero de la estimulación eléctrica del cerebro fue José Delgado, un neurocientífico que, en 1963, dio la cara por su teoría. En una reacción contra la práctica creciente de la lobotomía y la «cirugía psicológica» de finales de los años cuarenta y principios de los cincuenta del siglo xx, se propuso encontrar un modo más incruento de tratar las enfermedades mentales, y decidió investigar la estimulación eléctrica. Afortunadamente, estaba dotado para la tecnología. Desarrolló el primer implante cerebral electrónico, que situó en diferentes regiones cerebrales de varios animales. Al presionar un botón que controlaba el estimulador eléctrico implantado, obtenía diferentes reacciones dependiendo de dónde estuviera colocado. Estaba tan seguro de su tecnología y de la información que había conseguido a través de ella, que un día de 1963, en el ruedo de un rancho cordobés, se plantó delante de un toro armado únicamente del botón del estimulador en la mano y un dedo rápido para disparar. El estimulador eléctrico estaba implantado en una parte del cerebro del toro conocida como «núcleo caudado». Con sólo pulsar suavemente el botón, el toro se detuvo de golpe a sólo unos metros de José.[6] ¡El botón y sus teorías funcionaban! Había detenido la agresión del toro, que permanecía plácido frente a él. Con esta demostración, Delgado puso los implantes neurales en el mapa.

### *De nuevo el implante coclear*

Hasta el momento, el coclear es el implante neural de mayor éxito. Un diminuto micrófono, del tamaño aproximado de un pequeño botón, se coloca en el exterior del aparato auditivo, habitualmente detrás de la oreja. Este micrófono está unido magnéticamente a un procesador interno, colocado mediante cirugía por debajo del cuero cabelludo. Se abre un túnel a través del cráneo hasta la cóclea, y por él se introduce un cable que conecta el procesador con la cóclea, que tiene la forma de una de esas conchas marinas onduladas. El micrófono, que consiste en una pieza de metal rodeada de una lámina de plástico, hace las veces de tímpano. Cuando el metal vibra a causa de las ondas sonoras entrantes, produce una carga eléctrica en el plástico y convierte así el sonido en electricidad, que se desplaza a continuación a través de un cable hasta un pequeño ordenador portátil sujeto al cinturón. Este ordenador convierte las cargas eléctricas en representaciones digitales de lo que las cargas eléctricas representan acústicamente; funciona con un programa informático

que es objeto de continuos ajustes y revisiones. El programa permite modular los valores de frecuencia y volumen sonoros en función de las preferencias personales.

Digamos sólo que este programa informático es muy complejo, resultado de años de investigaciones sobre ondas y frecuencias sonoras y el modo de codificarlas, así como de investigaciones sobre la fisiología de la cóclea. La señal procesada se envía de nuevo por el cable hasta el botón externo que contiene el micrófono. Pero el micrófono no está solo en casa: hay también un diminuto radiotransmisor, que transmite la señal en forma de ondas de radio que se desplazan por la piel hasta el procesador interno, y son reconvertidas de nuevo en electricidad por un diodo. En el procesador hay hasta veintidós electrodos que corresponden a diferentes frecuencias de audio. La señal eléctrica activa los electrodos en diferentes combinaciones según el mensaje codificado por el programa, y el resultado final se envía luego por el cable hasta la cóclea, donde estimula eléctricamente el nervio auditivo. El proceso entero se desarrolla en sólo cuatro milisegundos.* No proporciona una audición perfecta; las voces suenan mecánicas. El cerebro tiene que aprender que ciertos sonidos no se corresponden con aquello a lo que sonaban en el pasado. Además, una vez que se ha aprendido un sonido, puede que una revisión del programa informático lo cambie, de hecho para que sea más realista, lo que obliga al portador de la prótesis a ajustarse de nuevo al sonido y a su significado.

¿Por qué explico todo esto? Porque ahora tenemos la primera prótesis neural que se ha implantado con éxito en un ser humano: una fusión de silicona y carbono, que constituye lo que muchos consideran el primer organismo verdaderamente cibernético.

Manfred Clynes y Nathan Kline acuñaron el término *ciborg* para describir la interacción de componentes artificiales y biológicos en un único «organismo cibernético». Su objetivo era describir un organismo destinado a viajar por el espacio. Al considerar que el espacio era un entorno al que los seres humanos no estaban adaptados, sugirieron que «la tarea de adaptar el cuerpo del hombre

* El implante coclear ha sido posible gracias a la acumulación gradual de conocimiento científico que empezó con los muchachos que jugaban con la electricidad en el siglo XVIII. Aúna conocimiento de los campos de la física, la ingeniería informática, la neurofisiología, la química, la medicina... todos los imaginables. También se ha perfeccionado en las orejas de muchos denodados voluntarios, que permitieron que dispositivos sin comprobar se usaran en ellos a sabiendas de que les iban a proporcionar poco o ningún beneficio. Para una lectura interesante sobre la historia de la neuroprotésica, véase V. D. Chase, *Shattered Nerves*, Baltimore, John Hopkins University Press, 2006.

a cualquier entorno que él escoja sería más fácil con un mayor conocimiento del funcionamiento homeostático, cuyos aspectos cibernéticos apenas empiezan a comprenderse e investigarse. En el pasado, la evolución producía la alteración de las funciones corporales para ajustarse a diferentes entornos. A partir de ahora mismo, será posible conseguir lo mismo en cierto grado sin alteración de la herencia, mediante las adecuadas modificaciones bioquímicas, fisiológicas y electrónicas del *modus vivendi* actual del hombre».[7]

Estas líneas fueron escritas en 1960 y ahora estamos en el presente, y efectivamente está ocurriendo. En cierta medida, podemos cambiar el estado actual del hombre sin cambiar su herencia. Lo hemos estado haciendo con fármacos para tratar estados físicos y mentales que tienen lugar en nuestro entorno adaptado, y ahora también se usan sofisticados aparatos físicos. Si has nacido sordo, eso puede cambiarse. Y según predicen algunos investigadores, es posible que en un futuro no muy lejano (menos de cuarenta años), si has nacido sin demasiada agilidad, sea mental o física, eso se podrá cambiar. Incluso existe la posibilidad de que si has nacido psicópata, también pueda cambiarse. Hasta qué punto seremos capaces de manipular estas cosas, y cuán profundos serán los cambios en los actuales estados mentales y físicos de las personas, son cuestiones que hoy en día son objeto de intensa especulación.

En un implante coclear, un dispositivo mecánico suplanta una de las funciones del cerebro. El carbono ha sido sustituido por silicona. Es un poco distinto de un marcapasos, que estimula el músculo cardíaco para que se contraiga. El implante está directamente conectado con el cerebro, y el programa informático determina lo que la persona oye. Los partidarios de la teoría de la conspiración estarán un poco excitados por eso, por el hecho de que sea el programador informático el que determina lo que oye la persona. ¿Es ético usar implantes cocleares? La mayoría de la gente no tiene ningún problema con ellos. Aunque el portador dependa de un ordenador para realizar parte de su procesamiento cerebral, Michael Chorost escribe que, aunque él es ahora un ciborg, su implante coclear le ha hecho más humano,[8] permitiéndole ser más social y participar en una comunidad. Las personas con audición normal no consideran que un implante coclear sea un perfeccionamiento. Lo conciben como una intervención terapéutica. Una cuestión ética que se plantea es: ¿Qué pasará si en el futuro semejantes implantes u otros dispositivos nos permiten tener una audición sobrehumana, acrecentando la audición normal? ¿Qué pasará si con un implante semejante llegamos a oír frecuencias inaudibles para el oído humano? ¿Es también esto lícito? El hecho de oír más frecuencias, ¿constituiría una ventaja adaptativa? ¿Serías menos persona o tendrías menos éxito si todo el mundo tuviese una y tú no? ¿Tendrías que ponerte al día con silicona

para sobrevivir? Éstas son las cuestiones a las que vamos a tener que enfrentarnos, y no tienen que ver únicamente con el perfeccionamiento sensorial.

### *Retinas artificiales*

El progreso que ha culminado en los implantes de retina ha sido más lento. Hay dos preguntas que siguen sin respuesta. ¿Cuántos electrodos harán falta para que el implante de retina proporcione una visión útil? ¿Y cuánta visión deberán generar para ser útiles? ¿Es suficiente que permitan a la persona desplazarse, o ésta debe ser capaz de ver lo bastante bien para leer? Los implantes de retina experimentales que se han probado en seres humanos tienen sólo dieciséis electrodos, y la visión que proporcionan son sólo puntos de luz. Un segundo implante, que todavía no está listo para ser probado en seres humanos, tiene sesenta y cuatro electrodos. Nadie sabe cuántos electrodos serán necesarios para proporcionar una visión adecuada. Bien podría ser que, para la visión, se necesitaran cientos de miles de electrodos, y que su desarrollo dependiera de los continuos avances en nanotecnología y en la miniaturización de matrices de electrodos. Rodney Brooks, líder en el mundo de la robótica, ve la posibilidad de que se adapten implantes de retina para la visión nocturna, visión de infrarrojos o visión ultravioleta.[9] Un día tal vez seremos capaces de cambiar un ojo sano por uno de estos implantes, para mejorar nuestra visión por encima de la de los seres humanos naturales.

### *El síndrome del cautiverio*

Una de las lesiones cerebrales más aterradoras que puede padecer alguien es una lesión de la parte ventral de la protuberancia del tronco del encéfalo. Las personas que la padecen están alertas y conscientes, y conservan su inteligencia, pero no pueden mover ningún músculo esquelético. Esto significa además que no pueden hablar, comer ni beber. Es lo que se conoce como el síndrome del cautiverio. Algunos afortunados, si es que podemos llamarlos así, pueden parpadear o mover los ojos voluntariamente, y de este modo comunicarse. La enfermedad de Lou Gehrig (esclerosis lateral amiotrófica, o ELA) también da lugar a este síndrome. Phil Kennedy, neurólogo de la Universidad de Emory, concibió una tecnología que, a su juicio, podría ayudar a estas personas. Después de ensayarla con éxito en ratas y monos, se le concedió la autorización para intentarlo en seres humanos.

En 1998, Kennedy implantó por primera vez un electrodo compuesto de un diminuto cono de cristal hueco unido a dos cables de oro. El electrodo está revestido de un factor neurotrófico, que impulsa a las células cerebrales a crecer dentro del tubo y a mantenerse estables en el cerebro. El electrodo está implantado en la región cerebral motora correspondiente a la mano izquierda y recoge los impulsos eléctricos generados por el cerebro. El paciente imagina que mueve la mano izquierda, y el electrodo recoge el impulso eléctrico producido por este pensamiento. El impulso eléctrico viaja a través de los dos cables, que están conectados a un amplificador y un transmisor de frecuencia modulada (FM), implantados entre el cráneo y el cuero cabelludo. El transmisor envía señales a un receptor externo al cuero cabelludo, y estas señales son dirigidas al ordenador del paciente, interpretadas y convertidas en datos digitales por un programa informático, para terminar moviendo el cursor en la pantalla del ordenador. Los primeros pacientes de Kennedy fueron capaces, tras un entrenamiento intensivo, de imaginar que movían la mano izquierda y, de este modo, mover el cursor en la pantalla del ordenador.[10, 11] Esto de por sí ya fue realmente impresionante, y lo sigue siendo aún hoy. El dispositivo de Kennedy capta los impulsos eléctricos generados al pensar en un movimiento y los traduce en movimiento real por parte del cursor del ordenador. Esto requiere una enorme potencia de procesamiento.[12] Es preciso filtrar una miríada de señales neurales para eliminar el «ruido», la actividad eléctrica restante debe ser digitalizada, y los algoritmos de codificación deben procesar la actividad neural y convertirla en una señal de mando; todo ello en milisegundos. El resultado es una orden a la que el ordenador es capaz de responder.

Y todo esto depende de un implante que tiene que sobrevivir en el entorno interno del cuerpo, parecido a un mar salado, sin corroerse; que debe transmitir señales eléctricas sin generar subproductos tóxicos, y mantenerse lo bastante fresco para no freír las neuronas circundantes. No se trataba de una tarea sencilla. Era un primer paso increíble que, por supuesto, no significaba realmente el primer paso, sino el producto de cientos de miles de otros pasos. Y un electrodo no proporciona mucha información. Los pacientes tardaban meses en aprender a usarlo, y el cursor sólo podía moverse en sentido horizontal, aunque el concepto funcionaba. En la actualidad hay varios equipos trabajando desde diferentes ópticas en este esquema fundamental.[13]

Este tipo de dispositivo es conocido como interfaz cerebro-ordenador (ICC). A diferencia del implante coclear, que suministra al cerebro información sensorial de entrada, el ICC trabaja con la información de salida procedente del cerebro. Los ICC recogen los potenciales eléctricos generados por el cerebro como subproductos de la actividad neuronal y traducen las señales

neuronales en impulsos eléctricos que pueden controlar el cursor del ordenador (o, en el futuro, otros dispositivos).

## GRANDES HALLAZGOS EN CIENCIA BÁSICA

En 1991, Peter Fromherz, del instituto Max Planck en Alemania, consiguió desarrollar un enlace entre neuronas y silicona: en realidad, entre un transistor aislado y una célula de Retzius de una sanguijuela,[14] el primero de los actuales interfaces cerebro-ordenador. El problema que había que superar era que, pese a que tanto los ordenadores como los cerebros funcionan eléctricamente, sus portadores de carga son distintos. Viene a ser más o menos como intentar conectar una estufa de gas a la línea eléctrica. En la silicona sólida del chip, los portadores de carga son electrones, mientras que lo que desempeña esa misma tarea en el agua líquida del cerebro biológico son iones (átomos o moléculas que han ganado o perdido un electrón). Además, hay que proteger los chips semiconductores de la corrosión, inherente a todo entorno de agua salada como el del interior del cuerpo, como bien sabe todo el mundo que alguna vez ha trabajado o vivido cerca del mar. El gran «desafío intelectual y tecnológico» de Fromherz fue unir directamente estos dos sistemas de señales electrónicas e iónicas.[15]

Esta tecnología ha hecho posible que, más recientemente, otro laboratorio implantase un sistema distinto, llamado «sistema *BrainGate*» (Puerta del cerebro), desarrollado por John P. Donoghue, de la Universidad de Brown, usando un implante neural creado por Richard Normann, de la Universidad de Utah. El implante, conocido como la matriz de electrodos de Utah, fue diseñado inicialmente para ser utilizado en la corteza visual, pero Donoghue pensó que también podría funcionar en la corteza motora. En 2004, se insertó quirúrgicamente un implante con 96 electrodos en Matthew Nagle, un paciente tetrapléjico al que tres años antes habían apuñalado en el cuello durante la celebración del 4 de julio, cuando acudió en auxilio de un amigo. Nadie sabía si en el caso de este paciente, que llevaba 4 años tetrapléjico, la parte del cerebro que controla el sistema motor todavía respondería o estaría atrofiada por la falta de uso. No obstante, el paciente respondió enseguida.

Este implante también era más fácil de usar que el de Kennedy. Nagle no precisó de meses de entrenamiento para poder controlarlo. Sólo con pensar en ello, era capaz de abrir el correo electrónico simulado y dibujar una figura aproximadamente circular en la pantalla del ordenador usando un programa de pintura. Podía ajustar el volumen, canal y potencia de su televisor, y jugar a vi-

deojuegos como el *Pong*. Tras unos pocos ensayos, también pudo abrir y cerrar una prótesis de mano robótica sólo con mirarla, y usar un sencillo brazo robótico multi-articulado para coger un objeto y llevarlo de un sitio a otro.[16] No lo hacía con facilidad y fluidez, pero lo hacía. Esto constituye un avance enorme, por supuesto. Cualquier cosa que permita a personas en este estado tener algún grado de control sobre su entorno es un hallazgo trascendental. El sistema todavía tiene algunos defectos que hay que pulir. Cuando el paciente quiere usar el sistema, hay que conectar a su cráneo un cable que conduce al voluminoso equipo de procesamiento externo. Cada vez que se enciende el dispositivo, un técnico tiene que recalibrar el sistema. Y, por supuesto, tener una matriz de electrodos en el cerebro no es ninguna minucia. El riesgo de infección está siempre presente, como lo están la probabilidad de que los procesos de cicatrización de tejido hagan que el implante deje de funcionar, el riesgo de sufrir más daños por la inserción o el movimiento de la matriz, y un posible fallo de ésta.

¿Cómo puede un chip con sólo 96 electrodos codificar el movimiento de un brazo? La idea de que registrar los disparos de sólo unas cuantas neuronas permitiese ejecutar una actividad motora fue de Apostolos Georgopoulos, neurofisiólogo que actualmente está en la Universidad de Minnesota. Georgopoulos observó que una célula nerviosa individual realiza más de una función. Una única neurona dispara para más de una dirección de movimiento, pero tiene una dirección de movimiento predilecta.[17] Georgopoulos observó que la frecuencia con que disparaba la neurona determinaba la dirección del movimiento del músculo: si la neurona disparaba con más frecuencia, el músculo se movía en una dirección; si disparaba con menos frecuencia, el músculo se movía en otra. Algo así como el código Morse del cerebro. Georgopoulos descubrió que, mediante el análisis vectorial (no todo el mundo ha olvidado la trigonometría de secundaria) de la frecuencia y la dirección predilecta de disparo, podía predecir con precisión la dirección del movimiento muscular.[18] También sugirió que registrar sólo unas pocas neuronas, entre 100 y 150, produciría predicciones bastante precisas del movimiento en un espacio tridimensional.[19] Esto debía hacerse usando un pequeño panel de electrodos capaz de registrar intenciones neuronales.

Para un paciente cautivo, o un paciente paralizado, tener más autonomía implicaría poder alimentarse a sí mismo y ser capaz de coger un vaso de agua sin pedir ayuda. Controlar un brazo robótico para ejecutar estas tareas sería fantástico. Sin embargo, todavía hay muchos factores que limitan la efectividad de estos sistemas. Sin contar todos los demás problemas, un factor obvio es que se trata de sistemas de bucle abierto. La información se envía fuera, pero el sistema no recibe realimentación. Si se trata de que una persona sea

capaz de controlar una prótesis de brazo para beber una taza de café, o alimentarse a su propio ritmo, la información sensorial debe retornar al cerebro para evitar los muchos posibles deslices entre la taza y los labios. Cualquiera que haya jugado a ser el señor Pequeño estará familiarizado con este problema.*

El problema de los datos de entrada es un asunto complicado. Nadie conoce demasiado bien todos los detalles de cómo funciona la propriocepción. Además, está la necesidad de recibir información sensorial, como la de cuán firmemente se está sosteniendo una taza, su peso, su temperatura y si está siguiendo una trayectoria fácil hacia la boca. Se tiene la esperanza de que, si esta información puede programarse en una prótesis de brazo, quizá también el brazo real podría ser programado y dirigido. El brazo tendría sus nervios conectados a chips receptores de señales desde los implantes en el cerebro que dirigirían su movimiento, pero también las señales sensoriales entrantes serían descodificadas por el chip y enviadas al cerebro para que éste recibiera realimentación. De este modo, el implante serviría como puente para salvar los nervios seccionados.

Sin embargo el brazo humano, que usamos sin pensar para alcanzar una taza de café o enrollar un poco de pasta en un tenedor, todo ese conjunto hombro-codo-muñeca-mano, con sus dedos y sistemas de huesos, nervios, tendones, músculos y ligamentos, es de una complejidad inmensa. Los músculos se flexionan y extienden juntos, se estimulan e inhiben, se tuercen, y ajustan su movimiento constantemente, todo a varias velocidades, todo con realimentación sensorial, proprioceptiva, cognitiva y nociceptiva dirigida al cerebro para comunicarle la posición, fuerza, tensión y velocidad de los músculos. El sistema sensorial está de hecho devolviendo al cerebro en torno a diez veces más información que la enviada por el sistema motor. Obviamente, los implantes actuales están todavía en fase bastante embrionaria, pero cada año se

* Se necesitan dos personas. Para montar el señor Pequeño, una persona se sienta frente a una mesa que le llega al pecho, con los brazos en los costados. Se coloca una sábana alrededor del cuello, de modo que cubra sus brazos y, situados en la mesa frente a él, se ponen unos pequeños pantalones, con unas piernas y unos pies de muñeco que sobresalgan de las perneras. Otra persona con una chaqueta grande se sitúa detrás de la primera y extiende los brazos, enfundados en las mangas de la chaqueta, frente a ella, con el pecho de la chaqueta cubriendo el pecho de la primera persona. Los brazos del señor Pequeño son los de la segunda persona, cuyo cuerpo está oculto tras la primera. Entonces una tercera persona da órdenes al señor Pequeño, como la de beber un poco de limonada, comer un pastel o rascarse la nariz. La persona que maniobra los brazos y las manos del señor Pequeño tiene sus propios datos sensoriales procedentes de ellos, pero no recibe datos sensoriales ni visuales de la cara del señor Pequeño. El resultado final es limonada vertida en la frente, y un pedazo de pastel aplastado en la nariz o las mejillas.

van perfeccionando, aparte de reducir su tamaño mientras aumenta su capacidad, del mismo modo que los ordenadores personales se han hecho más pequeños, más rápidos y con más memoria. Pero la idea funciona. Las neuronas del cerebro pueden crecer en un chip informático y transferirle señales neuronales. Se pueden reemplazar partes del cerebro con silicona.

A Richard Andersen, catedrático de neurociencia en Caltech, se le ha ocurrido otra idea. Piensa que, en vez de usar la corteza motora como lugar donde captar disparos neuronales, sería mejor y más fácil dirigirse al área cortical superior en la que se procesa la información visual de realimentación y se hace la planificación para el movimiento: la corteza parietal.[20] La corteza parietal superior está situada en medio de las regiones sensoriales y motoras, y sirve de puente entre la sensación y la acción. El laboratorio de Andersen ha descubierto que en esta área existe un mapa anatómico de planes de acción, con una parte dedicada a planificar movimientos oculares y otra parte a planificar movimientos de brazos.[21,22] Los planes de acción en el área de movimiento de brazos existen bajo forma cognitiva y, más que especificar señales particulares para todos los movimientos biomecánicos, especifican cuál es el objetivo del movimiento planeado. El lóbulo parietal dice: «Ponme este trozo de chocolate en la boca», pero no detalla todos los movimientos necesarios: «Primero extiende la articulación del hombro, flexionando el bla, bla, bla...». Todos estos movimientos detallados se codifican en la corteza motora. Andersen y sus colegas están trabajando en una prótesis neural para pacientes paralíticos que registre la actividad eléctrica de células nerviosas en la corteza parietal posterior. Un implante semejante interpretaría y transmitiría las intenciones de los pacientes: «Acércame el café a la boca». Piensan que esto será mucho más fácil para los programadores del *software*. Estas señales neurales son descodificadas usando algoritmos computacionales, y convertidas en señales de control eléctricas para manejar dispositivos externos como un brazo robótico, un vehículo autónomo o un ordenador. El brazo robótico o el vehículo simplemente recibirían como información de entrada el objetivo —chocolate en la boca—, dejando a otros sistemas la tarea de determinar cómo se llevará a cabo este objetivo, como, por ejemplo, controladores robóticos inteligentes. ¿Robots inteligentes? Hablaremos de ello enseguida. En cualquier caso, esto permite ahorrarse la necesidad de un sistema de bucle cerrado. Este sistema también precisa relativamente pocas neuronas para enviar una señal.[23]

Cirugía cerebral, implantes, infecciones... ¿No pueden inventarse algo que no tenga que meterse dentro de la cabeza? ¿Por qué no usar un EEG?

Eso es lo que piensa Jonathan Wolpaw, jefe del Laboratorio de trastornos del sistema nervioso del Departamento de Salud y la State University de Nue-

va York. Lleva los últimos veinte años trabajando en este problema. Cuando empezó a investigar, tuvo que averiguar si era factible la idea de usar ondas cerebrales capturadas externamente. Fabricó un casco con una serie de electrodos externos situados alrededor de la corteza motora, donde disparan las neuronas para iniciar el movimiento. Estas neuronas lanzan señales eléctricas débiles que son recogidas por los electrodos. Obtener señales útiles a partir de «unas pocas amplitudes de ritmos EEG registrados en el cuero cabelludo, que reflejan de modo distorsionado y con mucho ruido de fondo la actividad combinada de muchos millones de neuronas y sinapsis» fue complicado.[24] Al cabo de varios años, Wolpaw logró demostrar que las personas pueden aprender a controlar sus ondas cerebrales para mover el cursor de un ordenador. El programa informático para este sistema lleva muchos años desarrollándose. Los electrodos del casco recogen las señales, y puesto que la fuerza de las señales varía de una persona a otra, y de una parte de la corteza a otra, el programa debe revisar constantemente los diferentes electrodos en busca de las señales más fuertes, y darles mayor influencia en el proceso de decisión relativo al modo en que debe moverse el cursor.

Scott Hamel, uno de los sujetos que probó el sistema de Wolpaw, dice que le es más fácil usarlo cuando está totalmente relajado. Si lo intenta demasiado, tiene otras cosas en la cabeza o se pone ansioso y tenso, las cosas no marchan tan bien.[4] Hay demasiadas neuronas compitiendo por la atención. Wolpaw y su grupo, y otros que han hecho suyo el reto, han descubierto que «diversas señales cerebrales distintas, registradas de varias maneras diferentes y analizadas con una variedad de algoritmos distintos, pueden sustentar cierto grado de comunicación y control en tiempo real».[25]

Sin embargo, hay un gran problema, y no sólo con los dispositivos ICC controlados desde el exterior. También lo tienen los implantes. Incluso en condiciones controladas, los resultados son variables. Los usuarios están mejor unos días que otros, y el rendimiento puede variar muchísimo incluso dentro de una misma sesión y de una prueba a la siguiente. Los movimientos del cursor son lentos y torpes, algunos los describen como atáxicos.[24] En opinión de Wolpaw, este problema persistirá a menos que los investigadores tomen en consideración el hecho de que los dispositivos de ICC están pidiéndole al cerebro que haga algo completamente nuevo.

Esto se pone de manifiesto cuando nos fijamos en lo que hace normalmente el cerebro para producir movimiento y cómo suele hacerlo. El cometido del sistema nervioso central (SNC) consiste en convertir los datos sensoriales de entrada en datos motores de salida apropiados. Este trabajo de crear datos motores de salida es un esfuerzo concertado del SNC en su totalidad, desde la

corteza cerebral hasta la médula espinal. Ninguna área es por sí sola totalmente responsable de una acción. Ya se trate de andar, hablar, saltar o montar a caballo, hay una colaboración entre áreas, desde las neuronas sensoriales que suben por la médula espinal y pasan por el tronco del encéfalo y la corteza, para volver de nuevo hacia abajo a través de los ganglios basales, los núcleos talámicos, el cerebelo, los núcleos del tronco del encéfalo y la médula espinal, hasta las interneuronas y las neuronas motoras. Y aunque la acción motora mantenga una regularidad y uniformidad entre una vez y la siguiente, quizá no sea el caso de la actividad en todas estas áreas cerebrales distintas. No obstante, cuando se usa un ICC, la cosa cambia. Las acciones motoras, normalmente producidas por neuronas motoras de la médula espinal, son ahora producidas por las neuronas que normalmente sólo contribuyen al control de las neuronas motoras. Ahora están representando todos los papeles. Tienen que hacer su propio trabajo *y* además asumir el papel que normalmente representan las neuronas motoras de la médula espinal; su actividad se convierte en el producto final, el dato de salida, del SNC en su totalidad. Lo hacen todo.

El cerebro tiene cierta plasticidad, pero hay límites. Wolpaw observa que los dispositivos de ICC proporcionan nuevos circuitos de salida al cerebro, pero éste tiene que aprendérselos. El cerebro tiene que cambiar su manera de funcionar habitual. Wolpaw cree que, para lograr que los dispositivos de ICC funcionen mejor, los investigadores tienen que facilitar al cerebro la instalación de estos nuevos circuitos de salida. Un circuito de salida puede o bien controlar un proceso, o bien seleccionar un objetivo. También piensa que proporcionar un objetivo es más fácil. Basta con decirle al programa cuál es el objetivo, y dejar que haga todo el trabajo. Wolpaw está colándose en el campo de Andersen.

Esta tecnología no ha pasado desapercibida al mundo empresarial. Hay empresas que han sacado sus propias versiones desarrolladas para juegos de ordenador. Una de ellas, Emotiv, afirma que su casco ajustable de dieciséis sensores puede leer emociones, pensamientos y expresiones faciales. Según la empresa, es el primer interfaz cerebro-ordenador capaz de detectar pensamientos humanos conscientes y emociones inconscientes. Su aplicación actual a los juegos permite que personajes en 3-D reflejen las expresiones del jugador: si tú pestañeas, él pestañea; si tú sonríes, el sonríe. También permite la manipulación de objetos virtuales usando los pensamientos del jugador.

Otra empresa, NeuroSky, ha lanzado un dispositivo con un solo electrodo que, según aseguran, puede leer emociones que su programa traduce en órdenes para controlar un juego. Otras compañías están desarrollando la tecnología de NeuroSky para usarla en cascos de telefonía móvil y reproductores de MP3.

El sensor detectará tu estado emocional y seleccionará música que sea compatible con él. Nada de canciones tristes cuando te sientes bien, ni cuando se te pegan las sábanas; nada de *heavy metal* hasta pasadas las once de la mañana. Por supuesto, ninguna de las empresas revela qué es exactamente lo que se registra y se usa.

## *Ayudar a las memorias deficientes con silicona*

Otro problema que está pidiendo a gritos una solución concierne a la población cada vez más numerosa de la tercera edad: la pérdida de memoria. La gradual pérdida de memoria normal al envejecer ya es lo bastante fastidiosa sin el devastador problema de la enfermedad de Alzheimer. Aunque los implantes neuronales de los que hemos hablado tienen que ver con funciones sensoriales o motoras, otros investigadores están ocupados en restablecer la pérdida cognitiva en procesos intelectuales de alto nivel. Theodore Berger, de la Universidad Southern California (USC), está interesado en la memoria y el hipocampo desde hace años, y últimamente se ha dedicado a crear una prótesis que realice la función aniquilada por la enfermedad de Alzheimer: la transferencia de información de la memoria inmediata a la memoria a largo plazo. El hipocampo tiene un papel estelar en la formación de nuevos recuerdos acerca de acontecimientos experimentados, como evidencia el hecho de que una lesión en el hipocampo a menudo da lugar a graves dificultades para formar nuevos recuerdos y afecta también a la recuperación de recuerdos formados con anterioridad a la lesión. No parece que entre las tareas que tiene asignadas el hipocampo esté la memoria procedimental, la que se usa al aprender a tocar un instrumento, puesto que no se ve afectada por la lesión del hipocampo.

El hipocampo, situado en las profundidades del cerebro, es una estructura evolutivamente antigua, lo que significa que está presente en animales menos evolucionados. Sus conexiones, sin embargo, son menos complicadas que las de otras partes del cerebro, debido a lo cual la tarea de Berger parece un poco (y sólo un poco) más fácil. Lo que las células dañadas del hipocampo hacían exactamente es todavía objeto de especulación, pero esto no supone un freno para él y su gran plan de desarrollar un chip para personas con este tipo de pérdida de memoria. No cree necesario saber exactamente lo que hacían las células. Piensa que lo único que debe proporcionar es un puente entre la información que entra en las células dañadas por un lado, y la información que sale de esas mismas células por el otro.

No es que sea coser y cantar. Berger tiene que averiguar, a partir de un patrón eléctrico de entrada, cuál debería ser el patrón de salida. Por ejemplo, imaginemos que eres un operador de telégrafo que traduce código Morse de un lenguaje a otro. El problema es que no conoces ni entiendes ninguno de los lenguajes o códigos implicados. Recibes un código tecleado en rumano y tienes que traducirlo y teclearlo en sueco. No cuentas con la ayuda de diccionarios ni manuales del código. Sólo puedes intentar adivinarlo. El trabajo de Berger ha sido algo parecido a esto, pero más difícil si cabe. Ha invertido en ello varios años y ha requerido la ayuda de investigadores de muchas disciplinas diferentes. En el sistema de Berger, las neuronas del SNC dañadas son reemplazadas por neuronas de silicona que imitan su función biológica. Las neuronas de silicona reciben actividad eléctrica como información entrante de regiones cerebrales con las que la región dañada estaba antes conectada, y envían actividad eléctrica como información de salida hacia estas mismas regiones. Supuestamente, esta prótesis debería reemplazar la función computacional del cerebro dañado y restablecer la transmisión de este resultado computacional a otras regiones del sistema nervioso.[26] Por el momento, las pruebas de la prótesis en ratas y monos «han funcionado maravillosamente bien», pero todavía hacen falta años para las primeras pruebas en seres humanos.[4]

## *Cautelas e inquietudes*

Futuristas como Ray Kurzweil prevén que esta tecnología será capaz de hacer muchísimo más. Kurzweil presagia la aparición de chips de perfeccionamiento: chips que aumentarán nuestra inteligencia, chips que aumentarán nuestra memoria, chips en los que se podrá descargar información. ¿Aprender francés, japonés, farsi? Ningún problema, sólo hay que descargarlos. ¿Saber cálculo avanzado? Basta con descargarlo. ¿Tener más memoria? Por supuesto, sólo hay que implantarse otro chip de cinco terabytes. Mary Fisher Polito, una amiga que ocasionalmente padece lapsos de memoria momentáneos debidos a la edad, dice: «Espero que se den prisa con esos chips. Ahora mismo me iría bien algo más de RAM». Kurzweil también prevé que el mundo estará habitado por personas tan inteligentes que los principales problemas a los que nos enfrentaremos se resolverán con facilidad. «¿Gases de efecto invernadero? No hay problema, sé cómo arreglar eso. ¿Hambrunas? ¿Quién está hambriento? No ha habido noticias de hambrunas desde hace cincuenta años. ¿Guerra? ¡Está tan pasada de moda!» Pero Chris von Ruedon, uno de mis estudiantes, señala: «A menudo son las personas más inteligentes quienes causan tales problemas».

A otros les preocupa que se puedan dar situaciones como ésta: «Cariño, sé que estábamos ahorrando este dinero para irnos de vacaciones, pero en vez de eso quizá tendríamos que comprar los chips neurales para los gemelos. Lo están pasando mal en la escuela, pues todos los demás chicos ya los tienen y son mucho más listos que ellos. Ya sé que tú querías que permaneciesen naturales, pero no pueden seguir el ritmo y sus amigos piensan que son raros». ¡Evolución impulsada por artefactos!

No obstante, en cierto sentido, la historia de la evolución humana ha sido impulsada por artefactos desde que se talló la primera hacha de piedra, y quizás incluso antes. Merlin Donald, neurocientífico cognitivo de la Universidad Case Western Reserve, piensa que, aunque la humanidad está muy preocupada por los cambios en la ecología física del mundo externo, deberíamos prestar más atención a lo que está sucediendo dentro de nuestra cabeza. El almacenamiento y la transferencia de información han pasado de la memoria y experiencia de un único individuo, almacenada internamente, a ser también almacenada internamente y transferida por muchos individuos como contadores de historias, y después a ser almacenada externamente en papiros, luego en libros y bibliotecas y a continuación en ordenadores y en internet. A juicio de Donald, ha habido cambios igualmente profundos en la ecología cognitiva, debidos a la aparición de estos enormes bancos de almacenamiento de memoria externos, y el proceso sigue adelante. Predice que esta desenfrenada proliferación de información probablemente determinará nuestra futura dirección como especie.[27] Quizás ese nuevo paso en esta evolución en el almacenamiento de información consista en guardarla internamente, esta vez con la ayuda de un implante de silicona: ni más ni menos que una nueva herramienta.

O tal vez no. La idea de que estamos jugando con nuestras entrañas resulta inquietante para muchos. ¿Y qué vamos a hacer exactamente con esta inteligencia expandida? ¿Vamos a usarla para resolver problemas, o sólo nos servirá para tener grupos sociales más numerosos y listas de felicitaciones de Navidad más largas? Si pasamos el 90 % del tiempo hablando sobre los demás, ¿resolveremos los problemas mundiales o sólo tendremos más historias que contar? Además, ese escenario futuro anunciado por Kurzweil presenta otro grave problema: nadie sabe cuál es la cualidad del cerebro que hace que una persona sea inteligente. La posesión de un montón de información disponible no vuelve necesariamente a alguien más inteligente. Y ser inteligente no hace necesariamente a alguien más sabio. Como se pregunta David Gelernter, científico computacional de la Universidad de Yale, «¿De qué está bien informada la gente en la era de la información?... ¿de videojuegos?». No le parece gran cosa; de hecho, cree que en realidad la gente está menos informada.[28] Así

que, ¿qué hay de la inteligencia? ¿En qué consisten exactamente esos robots inteligentes?

## ¿ROBOTS INTELIGENTES?

Lo que le pediría a un robot personal es más bien prosaico. Sólo quiero que haga todas las cosas que yo no quiero hacer. Quiero que recoja el correo, me dé todas las cartas e invitaciones personales escritas a mano, y se encargue de todo lo demás. Quiero que revise mi correo electrónico y se deshaga de todo el correo basura, y que pague mis facturas. Quiero que lleve mis cuentas, gestione mi plan de pensiones, se ocupe de mis impuestos y me consiga un beneficio neto al final del año. Quiero que limpie la casa (incluso las ventanas); también podría encargarse del mantenimiento del coche. Ídem con arreglar el jardín, ahuyentar a los topos y... bueno, también podría cocinar, excepto cuando a mí me apetezca hacerlo. Me gustaría que mi robot se pareciese a Sofia Loren en *Divorcio a la italiana*, no al R2D2 de *La Guerra de las Galaxias*. Aquí podría haber un problema, porque mi mujer quiere que sea Johnny Depp quien haga las tareas domésticas. Tal vez el R2D2 no es mala idea después de todo. Como ya he dicho, mis necesidades son triviales. Yo puedo hacer todas estas cosas, pero preferiría ocupar mi tiempo en otras. A las personas incapacitadas que no pueden hacer ninguna de estas cosas, un robot personalizado les permitiría tener mucha más autonomía de la que tienen.

Lo que ocurre es que quizá todo esto no esté tan lejano, o por lo menos parte de ello, lo cual sería fantástico. Pero tal vez, si no tenemos cuidado, el robot inteligente no se limitará a gruñir algo sobre los pelos de gato mientras está limpiando la moqueta. Puede que hable de física cuántica o, todavía peor, de sus «sentimientos». Y si es inteligente, ¿estará dispuesto a hacer sus tareas? ¿No buscará una manera de librarse de ellas, exactamente igual que nosotros y nuestros hijos? Esto significaría que tiene deseos. Y si tiene sentimientos, ¿nos sentiremos culpables por obligarle a hacer el trabajo sucio, empezaremos a limpiarlo todo antes de que venga y nos disculparemos con él por el desorden? Si es consciente, ¿tendremos que ir a juicio para desmantelarlo y poder adquirir así un robot último modelo? ¿Tendrán derechos los robots? Como Clynes y Kline destacaban en su descripción original de un ciborg en el espacio, «el propósito del Ciborg... es proporcionar un sistema organizativo que se ocupe de [semejantes] problemas robóticos, liberando de ellos al hombre para que pueda explorar, crear, pensar y sentir».[7] Sin mezclarme físicamente de verdad con silicona, sin convertirme de verdad en un ciborg, un asistente de silicona

independiente podría, con la misma facilidad, darme más tiempo para explorar, crear, pensar y sentir (y, podríamos añadir, para engordar). Así que elegiré el modelo con cuidado. No quiero un robot con emociones. No quiero sentirme culpable porque mi robot esté pasando el aspirador mientras yo estoy tomando el sol en la terraza, disfrutando de un desayuno bajo en calorías (como es obligado hoy en día) y pensando en cosas profundas, como que quizá debería levantarme y arrancar los hierbajos del jardín.

¿Qué tan cerca nos encontramos actualmente de mi idea de un robot personal? Quienes no están al día de lo que está pasando en el mundo de la robótica sin duda se sorprenderán. En la actualidad ya hay robots que realizan muchos de los trabajos que nos resultan repetitivos y/o que requieren gran precisión, desde el montaje de automóviles a la cirugía. Actualmente, el dominio de los robots son las tres Aes: aburrido, arriesgado y antihigiénico. La categoría de lo antihigiénico incluye la limpieza de residuos tóxicos. La cirugía no pertenece a ninguna de estas tres categorías; sólo se hace a nivel microscópico. Actualmente se usan robots de carga, con un peso de dieciocho kilos, en tareas militares y de salvamento. Pueden enfrentarse a un terreno accidentado y a obstáculos como rocas, troncos, escombros y ruinas; pueden sobrevivir a una caída de dos metros sobre una superficie de asfalto y aterrizar de pie, y operar bajo el agua hasta dos metros de profundidad. Son capaces de realizar acciones de búsqueda y rescate, y desactivar bombas. Se están usando para detectar bombas de carretera y explorar grutas. Sin embargo, estos robots no se parecen a nuestro sueño de un atractivo miembro de la patrulla de rescate (como mi cuñado), que acude a salvarnos cuando yacemos al pie del monte que imprudentemente intentamos escalar. Se parecen más a lo que nuestro hijo construiría con un mecano.

También existen los aviones robot sin piloto. Un robot ha cruzado Estados Unidos en automóvil, conduciendo el vehículo durante la mayor parte del trayecto. Conducir en áreas urbanas sigue siendo el test más difícil, y todavía tiene que perfeccionarse. En noviembre de 2007 se celebró el *Urban Challenge* (Desafío urbano), una competición para vehículos autónomos de unos 96 kilómetros subvencionada por la DARPA (siglas en inglés de la Agencia para Proyectos de Investigación Avanzada del Departamento de Defensa de Estados Unidos). Los vehículos tenían que demostrar que podían circular por calles, cruces y aparcamientos, además de encontrar un punto determinado, aparcar sin cometer ninguna infracción y después abandonar el aparcamiento sin tener ningún topetazo, evitando carritos de la compra y otros obstáculos situados al azar. Y estos vehículos no funcionan por control remoto, sino que son controlados por un programa informático, se conducen a sí mismos. Puede que, den-

tro de no mucho, los programas informáticos conduzcan todos los automóviles. Nos recostaremos y leeremos el periódico mientras mordisqueamos un dónut (yo me lo pido relleno de mermelada) y tomamos un café con leche camino del trabajo.

Pero, por el momento, en el ámbito de la limpieza doméstica, todo lo que tenemos es un limpiador de suelos y aspiradora que parece un reproductor de CD, y un cortador de césped. Pero lo que tienen estos robots, y no está en mi sueño, son ruedas. Ningún robot puede moverse por la habitación como Sofía Loren o Johnny Depp. La mitad de las neuronas del cerebro humano están en acción en el cerebelo. Parte de su trabajo es motivar, no en el sentido de «ánimo, tú puedes hacerlo», sino en el de Chuck Berry y Maybelline, en su Cadillac Coupe de Ville, animándose a subir la colina;* es decir, sincronizar y coordinar músculos y habilidades.

Desarrollar un robot con movimiento animal es increíblemente difícil y todavía no se ha logrado, pero los ingenieros de la empresa inglesa Shadow Robot, bajo la dirección de su fundador Richard Greenhill, creen que se están acercando. Desde 1987 están trabajando en la construcción de un robot bípedo. Greenhill afirma que «el ejemplo clásico que ilustra la necesidad de que los robots domésticos sean antropomórficos es el problema de las escaleras. No es factible alterar las casas o eliminarlas. Es posible diseñar robots con accesorios que les permitan subir escaleras, pero normalmente éstos constituyen puntos flacos del diseño. Fabricar un robot con las mismas estructuras locomotrices que un ser humano garantizaría que, con toda seguridad, pudiera actuar en cualquier entorno en el que lo haría un ser humano».[29] Están a punto de conseguirlo, y en el camino han desarrollado muchas innovaciones, entre ellas la *shadow hand*, el último grito en manos robóticas, que puede ejecutar veinticuatro de los veinticinco movimientos que ejecuta una mano humana. Tiene cuarenta «músculos de aire», otra invención. La *shadow hand* cuenta con sensores de tacto en la punta de los dedos y puede coger una moneda. Hay muchos laboratorios más trabajando en otros aspectos del robot antropomórfico. David Hanson, de la Universidad de Texas, ha hecho una sustancia que él llama Flubber, muy semejante a la piel humana y que permite expresiones faciales muy vívidas.** De modo que será posible tener a un

* Referencia a la letra de *Maybelline*, una canción de Chuck Berry que habla de una carrera de coches trucados: «Cuando estaba motivándome en lo alto de la colina/Vi a Maybelline en un Coupe de Ville/Un Cadillac rodando a pista abierta/Nada puede superar a mi Ford V8/El Cadillac rondaba los 150/Ella iba pegada a mi parachoques, pegada a mi lado». *(N. del t.)*

** Véase su página web: <www.hansonrobotics.com>.

Johnny Depp robótico sentado en tu sala de estar, pero todavía no está listo para bailar un tango.

### *Japón toma la delantera*

Japón es un lugar clave de la investigación en robótica. Tiene un problema, y espera que los robots se lo resolverán. Su índice de natalidad es el más bajo del mundo, y el 21 % de la población es mayor de sesenta y cinco años, la proporción de ancianos más elevada de todo el planeta. De hecho, la población empezó a disminuir en 2005, cuando el número de nacimientos fue superado por el de fallecimientos. El gobierno pone trabas a la inmigración; la población es japonesa pura en más de un 99 %. Cualquier economista nos diría que eso es un problema. No hay suficiente gente joven para hacer todos los trabajos; la escasez de mano de obra ya se aprecia en muchas áreas, incluida la enfermería. De modo que si los japoneses no quieren aumentar la inmigración, tendrán que encontrar una manera de cuidar de sus ancianos. Y están pensando en recurrir a la robótica.

En la Universidad de Waseda, los investigadores están trabajando para crear expresiones faciales y movimientos de la parte superior del cuerpo que se correspondan con las emociones de miedo, ira, sorpresa, alegría, repugnancia, tristeza y, como son japoneses, un estado neutro tipo zen. Han creado un robot con sensores: puede oír, oler, ver y tocar. Están estudiando cómo se traducen los sentidos en emociones y quieren desarrollar un modelo matemático para ello.[30] Su robot reaccionará entonces ante los estímulos externos con emociones semejantes a las humanas. También está programado con necesidades e impulsos instintivos. Sus necesidades están accionadas por el apetito (consumo de energía), la seguridad (si percibe que está en una situación peligrosa, se retira), y el afán de explorar cuando está en un entorno nuevo. (Yo no voy a encargar uno de éstos.) Los ingenieros de Waseda han construido también un robot parlante que tiene pulmones, cuerdas vocales, órganos articuladores, una lengua, labios, una mandíbula, una cavidad nasal y un paladar blando, y es capaz de reproducir una voz semejante a la humana gracias a un mecanismo de control del tono. Han construido incluso un robot que toca la flauta.

En la Universidad de Meiji, un equipo de diseñadores se ha propuesto fabricar un robot consciente. Podría ser que, de esta intersección de tecnología robótica, tecnología informática y el deseo de fabricar robots humanoides, emerja una mayor comprensión del procesamiento en el cerebro humano. Construir un robot que actúe y piense como lo hace un ser humano significa

contrastar las teorías del procesamiento cerebral con *software* y comprobar si el resultado corresponde a lo que el cerebro humano hace realmente. Como señala Cynthia Breazeal, que dirige un equipo de investigadores en el MIT, «mientras que muchos investigadores han propuesto modelos con componentes específicos de la referencia social,* estos modelos y teorías raramente se han integrado en una instancia coherente y contrastable de la conducta global. Una ampliación computacional permite a los investigadores aunar todos estos modelos dispares en una totalidad funcional».[31] Tohru Suzuki, Keita Inaba y Junichi Takeno lamentan que nadie haya presentado hasta el momento un modelo integrado satisfactorio que explique la conciencia. Mucho bla, bla, bla, pero ¿cómo te las arreglas para hacerlo de verdad? Así que, en vez de encogerse de hombros, se dispusieron a diseñar su propio modelo y a continuación construyeron un robot usando este diseño.

En realidad construyeron dos robots; ya veremos por qué. Creen que la conciencia surge de la coherencia entre cognición y conducta.[32] Esto nos suena, ¿verdad? ¿Algo así como las neuronas espejo? Esas mismas neuronas que disparan tanto si pensamos en una conducta como si la ejecutamos. No se puede ser más coherente que eso. A continuación recurren a una teoría de Merlin Donald: que la capacidad de imitar la acción motora es el fundamento de la comunicación, del lenguaje, del nivel de conciencia humano y de la cultura humana en general. Esto se conoce por teoría de la mímesis. Donald ha reflexionado mucho sobre los orígenes del lenguaje y no puede concebir que surgiese sin habilidades motoras finas y, en particular, sin la capacidad de autoprogramar habilidades motoras. Al fin y al cabo, el lenguaje y el gesto requieren el movimiento perfeccionado de músculos. Y mientras otras especies animales tienen patrones rígidos de conducta determinados genéticamente, el lenguaje humano no es rígido sino flexible. Por tanto, las habilidades motoras requeridas para el lenguaje también tienen que ser flexibles. Antes de que el lenguaje pudiese desarrollarse, tuvo que haber un control voluntario y flexible de los músculos. Donald considera que esta flexibilidad procede de uno de los fundamentos de la habilidad motora: el aprendizaje procedimental. Para variar o perfeccionar un movimiento motor hay que ensayar la acción, observar sus consecuencias, recordarlas, y entonces cambiar lo que sea necesario. De hecho, él llama a este proceso el bucle del ensayo, algo con lo que todos esta-

* La referencia social es la tendencia a usar las reacciones emocionales de los demás como ayuda en la propia evaluación afectiva de una situación nueva, y por ende como guía en la conducta que hay que adoptar. *(N. del t.)*

mos familiarizados. Observa que los otros animales no lo hacen; no inician y ensayan acciones enteramente por su cuenta con el propósito de pulir su habilidad.[33] Tu perro no practica todo el día los apretones de mano mientras tú estás en la oficina. Merlin cree que esta capacidad del bucle del ensayo es exclusivamente humana y constituye la base de toda la cultura humana, incluido el lenguaje.

Así que Suzuki y sus colegas diseñaron un plan para un robot que tuviese coherencia de conducta y cognición. Construyeron dos, para ver si exhibían conducta de imitación. Un robot estaba programado para hacer ciertos movimientos específicos, y ¡el segundo robot los copió! La conducta imitativa da a entender que el robot puede distinguirse de otro robot: es autoconsciente. Los diseñadores del robot creen que éste es el primer paso en el camino hacia la conciencia. A diferencia de otros diseños, pero al igual que muchos modelos de conciencia humana, este robot tenía bucles de realimentación para información tanto interna como externa. La realimentación de la información externa (sensación somática) es necesaria para que un robot pueda imitar y aprender. El resultado externo de una acción debe retornar al interior para que pueda modificarse si es preciso: la acción debe estar conectada a la cognición. Los bucles de realimentación interna son lo que conecta la cognición con la acción. Sin embargo, estos robots no tienen el aspecto que, estoy casi seguro, estás visualizando ahora mismo. Sino el de algo que un mecánico sacaría de debajo del capó de un Mercedes, por cuyo recambio te cobraría un ojo de la cara.

## *Mientras tanto, volviendo al MIT...*

El problema con los robots es que todavía actúan como máquinas la mayor parte del tiempo. Cynthia Breazeal, del MIT, lo resume así: «Actualmente los robots interaccionan con nosotros o bien como otros objetos del entorno, o bien, a lo sumo, de un modo que es característico de las personas socialmente discapacitadas. En general, no entienden ni interaccionan con los demás como personas. No son conscientes de nuestros objetivos e intenciones».[34] ¡Cynthia quiere dotar a sus robots de una teoría de la mente! Quiere que su robot entienda sus pensamientos, sus necesidades y sus deseos. Si uno está fabricando un robot para asistir a las personas ancianas, añade, «un robot semejante debería ser persuasivo de un modo sensible, por ejemplo, ayudando a la persona a recordar cuándo debe tomar la medicación sin ser molesto o irritante. Debe entender cuáles son las necesidades cambiantes de la persona y cuál es la ur-

gencia con la que deben satisfacerse, para así poder establecer prioridades apropiadas. Es necesario que sea capaz de reconocer cuándo la persona está angustiada o tiene problemas, para poder conseguir ayuda si es necesario».

*Kismet*, el *Cog* de segunda generación, es un robot sociable construido en el laboratorio de Rodney Brooks, director del Laboratorio de Ciencia computacional e Inteligencia artificial del MIT, en gran medida por Cynthia Breazeal cuando estudiaba el doctorado con Brooks. Parte de lo que hace de *Kismet* un robot sociable es que tiene unos grandes ojos que miran aquello a lo que él está prestando atención. Está programado para prestar atención a tres tipos de cosas: cosas que se mueven, cosas de colores saturados y cosas del color de la piel. Está programado para buscar con la mirada cosas del color de la piel si se siente solo, y cosas de colores brillantes si está aburrido. Si está atendiendo a algo que se mueve, sigue su movimiento con los ojos. Tiene un conjunto de instintos internos programados, que se incrementan hasta generar ciertas conductas. Por lo tanto, si su instinto de soledad es elevado, mirará a su alrededor hasta que encuentre a una persona. Entonces, una vez satisfecho el instinto, aparece otro, quizás el aburrimiento, que se incrementará y le hará buscar un color brillante; da la impresión de que está buscando algo en concreto. Entonces puede que encuentre un juguete, inspirando en el observador la sensación de que estaba buscando ese juguete en particular. También tiene un sistema auditivo que detecta la prosodia en el habla. Junto a este mecanismo cuenta con un programa que hace corresponder cierta prosodia con emociones específicas. Así, puede detectar ciertas emociones como aprobación, prohibición, llamada de atención y cariño: exactamente igual que tu perro. Las percepciones entrantes afectan al «humor» o estado emocional de *Kismet*, que es una combinación de tres variables: valencia (positiva o negativa), activación (lo cansado o excitado que está) y novedad. Respondiendo a varios estímulos de movimiento y prosodia, *Kismet* irá pasando por distintos estados emocionales que se expresan a través de los ojos, las cejas, los labios, las orejas y la prosodia de su propia voz. *Kismet* está controlado por la interacción de quince ordenadores distintos con varios sistemas operativos diferentes, un sistema distribuido sin control central. No entiende lo que le dices, y sólo emite un balbuceo ininteligible, aunque lo hace con la prosodia adecuada a la ocasión. Debido a que este robot simula emociones y reacciones humanas, muchas personas se relacionan con él de forma emocional y le hablan como si estuviese vivo. Se trata de nuevo de antropomorfismo.

Rodney Brooks se pregunta si las emociones simuladas programadas en un robot son lo mismo que las emociones reales. Según su razonamiento, la mayoría de las personas y los investigadores en inteligencia artificial estarían de

acuerdo en que los ordenadores, con el programa adecuado y ante el problema adecuado, pueden razonar sobre hechos, tomar decisiones y tener objetivos; pero, aunque se afirme que un ordenador puede actuar o comportarse como si estuviese asustado, o simular que lo está, es difícil encontrar a alguien que diga que el ordenador está asustado de verdad. Brooks considera el cuerpo un agregado de biomoléculas que siguen leyes físicas específicas y bien definidas. El resultado final es una máquina que actúa conforme a un conjunto de reglas específicas. Piensa que aunque nuestra fisiología y los materiales que nos constituyen puedan ser enormemente diferentes, en gran parte somos como robots. No somos especiales ni únicos. Según él, pensamos de un modo excesivamente antropomórfico en los seres humanos, «que, al fin y al cabo, no son más que meras máquinas».[9] No estoy seguro de que sea posible pensar en los seres humanos de un modo excesivamente antropomórfico, por definición. Tal vez sea mejor decir que pensamos en las máquinas de un modo insuficientemente antropomórfico, o en los seres humanos de un modo insuficientemente mecanístico.

*Leonardo* es el fruto del siguiente intento de desarrollar una teoría de la mente en un robot por parte del grupo de Breazeal. *Leo* tiene el aspecto de un travieso híbrido entre un Yorkshire terrier y una ardilla de unos setenta y cinco centímetros de altura.* Puede hacer todo lo que hace *Kismet* y más. Querían que *Leo* fuese capaz de identificar el estado emocional de una persona y el motivo de que esa persona experimente ese estado mental. También querían que él (se refieren a *Leo* como «él» y no como «eso», y yo también lo haré) supiese cuál es el contenido emocional de un objeto para otra persona. No quieren que *Leo* pisotee tus zapatos Gucci o tire a la basura el último dibujo de tu hijo pequeño, que parecería un garabato a cualquiera excepto a sus padres. También quieren que las personas consideren a *Leo* fácil de instruir. En vez de tener que leer un voluminoso manual de instrucciones y aprender una forma de comunicación completamente nueva al adquirir nuestro primer robot, quieren que sea capaz de aprender como lo hacemos nosotros. Sólo tendremos que decirle: «*Leo*, los domingos riega los tomates» y enseñarle a hacerlo, y eso es todo. Bastante ambicioso, ¿verdad?

Sus creadores se basan en la teoría neurocientífica de que los seres humanos somos sociables y aprendemos a través del uso de nuestras habilidades sociales. Así que, para poder responder de una manera social, *Leonardo* tiene que

* Compruébalo en <http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>.

poder imaginarse en primer lugar el estado emocional de la persona con la que está interaccionando. Enfocaron el diseño de *Leo* usando los resultados de la neurociencia según los cuáles «la capacidad de aprender observando a los demás (y en particular la capacidad de imitarlos) podría ser un precursor crucial del desarrollo de una conducta social apropiada, y en última instancia de la capacidad de razonar sobre los pensamientos, intenciones, creencias y deseos de los demás». Éste es el primer paso en el camino hacia una teoría de la mente. El diseño se inspiró en el trabajo sobre la imitación facial y la capacidad de simulación de los neonatos realizado por Andrew Meltzoff y M. Keith Moore, de quienes hablamos en el capítulo 5. Necesitaban que *Leonardo* fuese capaz de hacer las cinco cosas que dijimos entonces que puede hacer un bebé a las pocas horas de haber nacido:

1. Localizar y reconocer los rasgos faciales de una persona de su entorno.
2. Hacer corresponder los rasgos percibidos de esa persona y los suyos propios.
3. Identificar una expresión deseada a partir de esta correspondencia.
4. Mover sus rasgos en la configuración deseada.
5. Usar la configuración percibida para juzgar su propio éxito.[35]

Así que instalaron un mecanismo de imitación en *Leonardo*. Éste, al igual que *Kismet*, tiene estímulos visuales, pero son más productivos. *Leo* puede reconocer expresiones faciales. Cuenta con un sistema computacional que le permite imitar la expresión que ve. También tiene un sistema emocional incorporado que se corresponde con la expresión facial. En cuanto este sistema imita la expresión de una persona, adopta la emoción asociada a esa expresión.

El sistema visual también reconoce el gesto de señalar y usa razonamiento espacial para asociar el gesto al objeto señalado. *Leonardo* también capta la postura de la cabeza del otro. Juntas, estas dos capacidades le permiten entender el objeto de atención y compartirlo. Puede establecer contacto visual y mantenerlo.

Al igual que *Kismet*, *Leo* tiene un sistema auditivo y puede reconocer la prosodia, el tono y la energía de la vocalización, y asignarles valor emocional positivo o negativo. Y reacciona emocionalmente ante lo que oye. Pero, a diferencia de *Kismet*, *Leo* reconoce algunas palabras. Su sistema de identificación verbal asocia palabras a su valoración emocional. Por ejemplo, la palabra «amigo» tiene una valoración positiva, y la palabra «malo» la tiene negativa; *Leo* es capaz de responder con la expresión emocional que se corresponde con las palabras.

El grupo de Breazeal también incorpora los hallazgos neurocientíficos según los cuales la posición y la afectividad corporales estimulan la memoria.[36] Cuando *Leo* almacena información en la memoria a largo plazo, el recuerdo puede vincularse a un significado afectivo. Su capacidad para compartir la atención también le permite asociar mensajes emocionales de otros a cosas del mundo. Al mirar el dibujo que ha hecho tu chico, sonríes; *Leo* también lo mira, y lo archiva en la memoria como una cosa buena, no lo tira a la basura. El hecho de compartir la atención también proporciona una base para el aprendizaje.

Así que estamos bastante cerca de tener un robot físicamente semejante a un ser humano en apariencia y movimiento, que puede simular emociones y ser sociable. Sin embargo, es mejor que no intentes bailar una rumba con tu robot, porque lo más probable es que te rompa el pie si te pisa sin querer (estos muñecos no son precisamente pesos ligeros). También deberías considerar sus requerimientos energéticos (la factura de la luz se dispararía). Pero ¿qué hay de su inteligencia? A mi robot no le bastará con tener inteligencia social. Deberá ahuyentar topos, y ser condenadamente inteligente para ahuyentarlos de mi jardín, pues estoy seguro de que tienen el mismo código genético que los supervivientes de *El club de los chalados*.*

A Ray Kurzweil no le preocupa demasiado el vehículo físico. Lo que le interesa es la inteligencia. Cree que cuando los ordenadores sean lo bastante inteligentes, esto es, más inteligentes que nosotros, serán capaces de diseñar sus propios vehículos. Otros piensan que la inteligencia humana y todo lo que contribuye a ella no pueden existir sin un cuerpo humano: pienso, luego mi cerebro y mi cuerpo existen. Alun Anderson, editor jefe de la revista *New Scientist*, lo expresa así cuando le preguntan cuál es para él la idea más peligrosa: «Un cerebro no puede convertirse en mente sin un cuerpo».[37] Ningún cerebro en una vasija tendrá jamás una inteligencia de tipo humano. Hemos visto cómo influyen en nuestro pensamiento la emoción y la simulación, y que sin esta influencia seríamos..., bueno, seríamos un animal completamente distinto. Y Jeff Hawkins, creador de la *Palm Pilot*, piensa que como no sabemos siquiera qué es la inteligencia y qué procesos del cerebro la producen, todavía nos queda muchísimo trabajo por hacer antes de poder tener máquinas inteligentes.[38]

* Película cómica estadounidense del año 1980, en la que el encargado del mantenimiento de un club de golf está obsesionado con acabar con unos traviesos y escurridizos topos. *(N. del t.)*

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El término «inteligencia artificial» (IA) se acuñó en 1956, cuando John McCarthy, del Dartmouth College, Marvin Minksy de la Universidad de Harvard, Nathaniel Rochester de la empresa IBM y Claude Shannon, de los laboratorios telefónicos Bell, propusieron «que un equipo de diez personas lleve a cabo durante dos meses un estudio sobre inteligencia artificial, que tendrá lugar durante el verano de 1956 en el Dartmouth College en Hanover, New Hampshire. El estudio deberá realizarse basándose en la conjetura de que, en principio, todo aspecto del aprendizaje y de cualquier otro rasgo de la inteligencia puede ser descrito de un modo tan preciso que es posible construir una máquina para simularlo. Se intentará que las máquinas usen lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan tipos de problemas hoy reservados para los seres humanos y sean capaces de perfeccionarse a sí mismas. Pensamos que es posible lograr un avance significativo en uno o más de estos problemas si un grupo de científicos cuidadosamente seleccionado trabaja en él conjuntamente durante un verano».[39]

Vista en retrospectiva, esta declaración de hace más de medio siglo resulta bastante optimista. Hoy en día la Asociación Americana para la Inteligencia Artificial define la IA como «la comprensión científica de los mecanismos que subyacen al pensamiento y la conducta inteligente y su encarnación en máquinas».[40] Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos y la potencia computacional invertidos en hacer inteligentes a los ordenadores, éstos siguen sin poder hacer lo que hace un niño de 3 años: no distinguen un gato de un perro. Ni tampoco lo que sabe hacer cualquier marido superviviente: no entienden los entresijos del lenguaje. Por ejemplo, no saben quc la pregunta: «¿Están fuera los cubos de la basura?» significa, en realidad, «saca afuera los cubos de la basura», y que también tiene una implicación oculta: «Si no sacas la basura fuera, entonces...». A menudo, cuando usamos cualquicr buscador de internet y vemos los resultados de nuestra búsqueda, pensamos para nuestros adentros: «¿De dónde sale todo esto? No se parece en nada a lo que estaba buscando...». Las traducciones efectuadas por los programas son a menudo delirantes. Resulta obvio que el programa no tiene ni idea del significado de las palabras que está traduciendo. A pesar de que se hacen intentos continuamente, y de toda la potencia de procesamiento, memoria y miniaturización que tenemos a nuestro alcance, crear una máquina con inteligencia humana sigue siendo un sueño. ¿Por qué?

La inteligencia artificial se presenta en dos intensidades: débil y fuerte. La IA débil es en lo que solemos pensar cuando se trata de ordenadores. Se

refiere al uso de programas informáticos para tareas de razonamiento o resolución de problemas. La IA débil no incluye el abanico entero de capacidades cognitivas humanas, pero puede tener capacidades que los seres humanos no tienen. La IA débil ha ido penetrando lentamente en nuestra vida. Hay programas de IA dirigiendo las llamadas de nuestro teléfono móvil, nuestro correo electrónico y las búsquedas por internet. Los bancos las usan para detectar transacciones fraudulentas, los médicos para que les ayuden a diagnosticar y tratar a pacientes, y los socorristas para que sondeen las playas y detecten posibles bañistas en peligro. La IA es responsable del hecho de que nunca encontremos a una persona de verdad cuando llamamos por teléfono a una gran organización o incluso a muchas organizaciones pequeñas, y del reconocimiento de voz que nos permite responder verbalmente en vez de pulsar un número. La IA débil ganó al campeón del mundo de ajedrez, y de hecho puede decidir en qué acciones invertir mucho mejor que la mayoría de analistas. Pero Jeff Hawkins señala que Deep Blue, el ordenador de IBM que ganó al campeón mundial de ajedrez, Gary Kasparov, en 1997, no ganó por ser más inteligente que un ser humano, sino porque era millones de veces más rápido: podía evaluar doscientos millones de posiciones por segundo. «Deep Blue no tenía ni idea de la historia del juego, ni sabía nada acerca de su oponente. Juega al ajedrez pero no lo comprende, del mismo modo que una calculadora ejecuta operaciones aritméticas pero no comprende las matemáticas».[38]

La IA fuerte es lo que saca a mucha gente de sus casillas. «IA fuerte» es un término acuñado por John Searle, filósofo de la Universidad de California, en Berkeley. La definición presupone, aunque Searle no, que es posible que una máquina tenga comprensión y sea autoconsciente. «Según la IA fuerte, el ordenador no es sólo una herramienta para el estudio de la mente; más bien, un ordenador adecuadamente programado es una mente de verdad, en el sentido de que, dado el programa adecuado, puede decirse literalmente que los ordenadores comprenden y tienen otros estados cognitivos».[41] Searle sostiene que todos los estados conscientes se deben a procesos cerebrales niveles inferiores;[42] por tanto, la conciencia es un fenómeno emergente, una propiedad física: la suma de los datos perceptivos procedentes del cuerpo entero. La conciencia no surge en el cerebro sin más, de la nada, aquí y allá. La conciencia no es el resultado de una computación. Para crear una mente que piense y tenga la inteligencia de la mente humana hay que tener un cuerpo, la fisiología del cuerpo y sus percepciones.

## ¿ES POSIBLE CONSTRUIR UNA MÁQUINA CONSCIENTE?

La lógica que hay tras la creencia de que una máquina puede ser consciente es la misma lógica presente en la creación de IA. Puesto que los procesos de pensamiento humanos son el resultado de actividad eléctrica, si puedes simular la misma actividad eléctrica en una máquina, el resultado será una máquina con inteligencia y conciencia semejantes a las humanas. Y al igual que ocurre con la IA, según algunos esto no significa que, para producir conciencia, los procesos de pensamiento de la máquina deban ser necesariamente los mismos que los humanos. Luego están los que coinciden con Hawkins y creen que la máquina ha de tener los mismos procesos y que, para tenerlos, debe estar cableada del mismo modo. Y también están los que se mueven en la frontera entre ambas posiciones.

Al principio, la búsqueda de inteligencia artificial no se basaba en aplicar ingeniería inversa al cerebro, pues en 1956, cuando la IA no era más que una idea brillante, se sabía muy poco sobre cómo funcionaba este órgano. Cuando empezaron a diseñar IA, esos primeros ingenieros tuvieron que improvisar sobre la marcha. Inicialmente, se les ocurrieron sus propias soluciones para crear los diversos componentes de la inteligencia artificial, y algunos de esos métodos de hecho proporcionaron indicios de cómo funcionan partes del cerebro. Algunos de esos enfoques están basados en reglas matemáticas como la lógica bayesiana, que determina la probabilidad de un acontecimiento futuro basándose en acontecimientos semejantes habidos en el pasado, o los modelos de Markov, que evalúan la probabilidad de que se produzca una secuencia específica de episodios, y se emplean en algunos programas de reconocimiento de voz. Los ingenieros construyeron «redes neurales» diseñadas para el funcionamiento en paralelo, vagamente inspiradas en las neuronas y sus conexiones; estas redes son realmente capaces de aprender respuestas no programadas previamente. Estos sistemas también se han usado en *software* de reconocimiento de voz. Asimismo se utilizan para detectar fraudes en los cargos a cuenta de tarjetas de crédito y en el análisis grafológico y el reconocimiento de caras. Algunos están basados en la inferencia: el viejo «si esto, entonces aquello» de la lógica. Existen programas que buscan entre un número enorme de posibilidades, como el Deep Blue. Algunos son programas de planificación que parten de hechos sobre el mundo en general, reglas sobre causa y efecto, hechos relacionados con situaciones particulares y el objetivo perseguido (exactamente igual como el GPS de tu coche, que planifica rutas y te dice cómo llegar al establecimiento más cercano de comida china para llevar).

Pero el cerebro humano es distinto de un ordenador en muchas cosas. En su obra *The singularity is near*, Kurzweil enumera las diferencias:

- Los circuitos del cerebro son más lentos, pero funcionan muchísimo más en paralelo. El cerebro tiene cerca de cien billones de conexiones entre neuronas. Eso es más de lo que tiene ningún ordenador por ahora.
- El cerebro está constantemente reorganizándose y creando nuevos circuitos por sí mismo.
- El cerebro se vale de propiedades emergentes, lo que significa que la conducta inteligente es en gran medida un resultado impredecible del caos y la complejidad.
- En cuanto a la evolución, el cerebro es todo lo bueno que necesita ser. Para sobrevivir no hace falta ser diez veces más listo que todos los demás; basta con ser un poco más listo.
- El cerebro es democrático. Nos contradecimos a nosotros mismos: tenemos conflictos internos que tal vez den como resultado una solución superior.
- El cerebro recurre a la evolución. El cerebro en desarrollo de un bebé de entre 6 y 8 meses forma muchas sinapsis aleatorias. Los patrones de las conexiones que mejor dan cuenta del mundo son los que sobreviven. Ciertos patrones de conexiones cerebrales son cruciales, mientras que otros son aleatorias. Como consecuencia de ello, un adulto tiene muchas menos sinapsis que un niño pequeño.
- El cerebro es una red distribuida. No hay ningún dictador ni procesador central al mando. También está muy interconectado: la información tiene muchas maneras de navegar a través de la red.
- El cerebro tiene regiones arquitectónicas que ejecutan funciones específicas y tienen patrones de conexión específicos.
- El diseño global del cerebro es más simple que el diseño de una neurona.[2]

Es interesante que, sin embargo, Kurzweil se olvide de algo bastante importante. Ignora el hecho de que el cerebro está conectado a un cuerpo biológico. Hasta el momento, los programas de IA sólo son buenos en aquello para lo que han sido diseñados específicamente. No pueden generalizar y no son flexibles.[2] Deep Blue, con todas sus conexiones, su memoria y su potencia computacional inmensas, no sabe que es mejor que saque afuera la basura... o deberá atenerse a las consecuencias.

Aunque no se ha conseguido dotarles de una inteligencia como la de los humanos, los ordenadores superan algunas de nuestras capacidades. Son mejo-

res en álgebra y cálculo simbólicos, en programar tareas o secuencias de acontecimientos complejas, en diseñar circuitos de montaje y muchos otros procesos en los que están implicadas las matemáticas.[9] No son eficaces a la hora de mostrar sentido común, esa cualidad tan elusiva. Son incapaces de hacer una crítica de una obra de teatro. Como he dicho antes, no traducen bien de un idioma a otro, ni captan las sutilezas dentro de un mismo idioma. Curiosamente, más que las cosas que puede hacer un físico o un matemático, los puntos flacos de los ordenadores son muchas de las cosas que puede hacer un niño de 4 años.

Ningún ordenador ha pasado todavía el test de Turing, propuesto en 1950 por Alan Turing,[43] el padre de la ciencia computacional, para responder a la pregunta: ¿Pueden pensar las máquinas? En el test de Turing, un juez humano entabla una conversación en lenguaje natural con dos interlocutores, un ser humano y una máquina, en la que ambos intentan parecer humanos. Si el juez no puede decir con certeza quién es quién, entonces la máquina ha pasado el test. La conversación se limita normalmente al intercambio de textos escritos, de modo que la voz no sea un factor que predisponga al juez contra la máquina. Muchos investigadores tienen un problema con el test de Turing. No creen que sea un buen indicador de la inteligencia de una máquina. La conducta no es un test de inteligencia. Un ordenador puede actuar como si fuese inteligente, pero eso no significa que lo sea.

## LA *PALM PILOT* AL RESCATE

Jeff Hawkins cree saber el motivo de que no se hayan podido construir máquinas inteligentes. No es sólo que se necesiten ordenadores más potentes y con más memoria, como creen algunos investigadores. En opinión de Hawkins, todos los que trabajan en inteligencia artificial han estado arrimándose al árbol equivocado, han estado trabajando bajo una premisa errónea;[38] deberían prestar más atención a cómo funciona el cerebro humano. Aunque John McCarthy y la mayoría de los demás investigadores en IA piensan que «la IA no tiene por qué limitarse a los métodos biológicamente observables»,[44] Hawkins considera que esta noción es lo que ha desviado a la investigación en IA del buen camino. Tampoco está demasiado satisfecho con los neurocientíficos. Al profundizar en la bibliografía neurocientífica, buscando la respuesta a la cuestión de cómo funciona exactamente el cerebro, descubrió que, tras muchísima investigación y toneladas de datos acumulados, hasta el momento nadie lo ha integrado todo en una teoría que explique cómo piensan los seres humanos.

Harto de los intentos fallidos de la IA, concluyó que, para crear una máquina que piense como un ser humano, hay que saber cómo piensa el ser humano. También llegó a la conclusión de que, si a nadie más se le ocurría una teoría, él mismo tendría que idear una. Así que fundó el Centro Redwood de neurociencia teórica y se puso manos a la obra. Jeff no es ningún holgazán. O tal vez sí. Se recostó en la silla, puso los pies encima de la mesa del despacho, meditó sobre el problema y se le ocurrió la teoría de la predicción y la memoria,[38] que presenta un marco a gran escala de los procesos en el cerebro humano. Ahora espera que otros científicos computacionales la pongan a prueba, la ajusten y la perfeccionen, y verifiquen si funciona.

Hawkins quedó fascinado cuando leyó un artículo escrito en 1978 por el distinguido neurocientífico Vernon Mountcastle, según el cual la neocorteza es notablemente similar en todas sus partes, y por consiguiente todas las regiones de la corteza debían realizar el mismo cometido. El hecho de que el resultado final de ese cometido sea diferente para cada una de las diferentes áreas —es decir, que el resultado del procesamiento en la corteza visual sea la visión, el de la corteza auditiva sea la audición, etcétera— no se debe a que sus métodos de procesamiento sean distintos. Se debe a las diferencias que hay entre las señales de entrada y a cómo están conectadas las distintas áreas unas con otras.

Un resultado que confirma esta conclusión fue la demostración, por parte de Mriganka Sur en el MIT, de la plasticidad de la corteza (la capacidad de cambiar su cableado). Para ver qué efecto tenía la información entrante en un área cortical en la función y estructura de esa área, Sur redirigió la información visual de entrada en hurones recién nacidos, de modo que fuese a parar a la corteza auditiva y no a la corteza visual.[45,46] ¿Sería capaz un hurón de usar otra parte de su corteza somatosensorial, por ejemplo, la corteza auditiva, para ver? Resultó que la información entrante tuvo un gran efecto. Los hurones tenían cierto grado de visión. Esto significaba que veían cosas con el área cerebral que normalmente se usa para oír sonidos. El nuevo «tejido cortical visual» no estaba cableado exactamente como lo estaría en la corteza visual normal, lo que llevó a Sur y a sus colegas a concluir que la actividad aferente puede remodelar las redes corticales, si bien no es el único factor determinante de la estructura cortical; es probable que también existan circuitos inherentes (genéticamente determinados) que proporcionan una base estructural a la conectividad.[47] Esto significa que ciertas áreas específicas de la corteza han evolucionado para procesar ciertos tipos de información y están cableadas de una determinada manera que les permite procesarlos mejor, aunque si fuese necesario, debido a que el modo de procesamiento es en realidad el mismo en todas las neuronas, podría procesarlos cualquier parte de la corteza.

Esta idea de que el cerebro usa el mismo mecanismo para procesar toda la información tenía mucho sentido para Hawkins. Aunaba todas las capacidades del cerebro bajo un denominador común. El cerebro no tenía por qué reinventar la rueda cada vez que ampliase sus facultades: dispone de una única solución para miles de problemas. Si el cerebro emplea un único método de procesamiento, un ordenador también podrá hacerlo si averiguamos cuál es ese método.

Hawkins es un adepto neocortical confeso. Considera que la neocorteza es la sede de nuestra inteligencia: ha sido la última estructura en desarrollarse y es más grande y está mejor conectada que la de cualquier otro mamífero. Sin embargo, es plenamente consciente de que toda la información que llega allí ha sido procesada por regiones cerebrales inferiores: esas regiones evolutivamente más antiguas y que compartimos con otros animales. Así que, usando su gran neocorteza, a Hawkins se le ocurrió su teoría de la predicción y la memoria, que a continuación vamos a ver en qué consiste.

Todos los *inputs* que llegan a la neocorteza proceden de nuestros sentidos, igual que les ocurre a todos los animales. Resulta sorprendente que, al margen del sentido del que estemos hablando, la información entrante en el cerebro está siempre en el mismo formato: señales neurales que son en parte eléctricas y en parte químicas. Es el patrón de estas señales lo que determina qué sentido experimentamos; no importa de dónde vengan. Un ejemplo ilustrativo de ello es el fenómeno de la sustitución sensorial.

Paul Bach y Rita, médico y neurocientífico de la Universidad de Wisconsin, se interesó en la plasticidad del cerebro después de cuidar a su padre, que estaba recuperándose de una apoplejía. Comprendió entonces que el cerebro es plástico, y que es el cerebro el que ve, no los ojos. Se preguntó si podría devolver la visión a una persona ciega proporcionando la señal eléctrica correcta, pero a través de un circuito de entrada distinto, es decir, sin pasar a través de los ojos, que ya no funcionan ni proporcionan ninguna aferencia. Creó un dispositivo que presentaba patrones visuales a la lengua, de modo que una persona ciega podía llevarlo y «ver» a través de sensaciones en ella.[48] Las imágenes visuales, procedentes de una pequeña cámara de televisión que se lleva en la frente, son enviadas a matrices de estimuladores de un disco adherido a la lengua. (Bach lo intentó con varias partes del cuerpo, incluso el abdomen, la espalda, los muslos, la frente y la punta de los dedos, y concluyó que la lengua era la mejor opción.) Las imágenes procedentes de la cámara se traducen a un código neural, que el estimulador pone en práctica creando patrones específicos de presión en ella. Los impulsos nerviosos creados por los patrones de presión se transmiten al cerebro desde la lengua, a través del circui-

to sensorial intacto, y el cerebro aprende rápidamente a interpretarlos como visión. Impresionante, ¿verdad? Con este sistema, una persona ciega de nacimiento fue capaz de realizar tareas de ensamblaje e inspección en una línea de montaje de diodos en miniatura, y personas completamente ciegas pudieron atrapar una pelota que se les lanzaba rodando por encima de una mesa e identificar caras.

Hawkins afirma que un aspecto importante de toda esta información sensorial es que los *inputs*, con independencia del sentido de que se trate, llegan en forma de patrones espaciales y temporales. Cuando oímos algo, lo importante no es sólo el lapso entre los sonidos, el patrón temporal, sino que también lo es la posición espacial exacta de las células receptoras en la cóclea. En la visión hay obviamente patrones temporales, pero de lo que no nos damos cuenta es de que, por cada imagen que percibimos, el ojo está de hecho saltando tres veces por segundo para fijarse en diferentes puntos. Estos movimientos se conocen como movimientos sacádicos. Aunque lo que percibimos aparece como una imagen estable, en realidad no lo es. El sistema visual procesa de forma automática estas imágenes que están cambiando continuamente, de modo que nosotros las percibimos como estables. El tacto también es espacial, pero Hawkins señala que una única sensación no es suficiente para identificar un objeto; éste tiene que ser tocado en más de un punto, lo que añade un aspecto temporal.

Ahora, con esta comprensión del *input* sensorial en mente, consideremos el trapo de cocina de seis capas, la neocorteza. Siguiendo la teoría de Mountcastle, Hawkins presupone que todas y cada una de las células que hay en una capa particular del trapo de cocina ejecutan el mismo tipo de proceso. De modo que todas las neuronas de la capa I realizan el mismo proceso, y su resultado es a continuación enviado a la capa II, cuyas células hacen su trabajo, y así sucesivamente. Sin embargo, la información no es sólo enviada a través de los diferentes niveles; también se desplaza en dirección horizontal hacia otras regiones y regresa. Cada una de esas neuronas piramidales puede tener hasta diez mil sinapsis. ¡Estamos hablando de una superautopista de la información!

La neocorteza también está dividida en regiones que procesan información diferente. Llegamos ahora a la noción de jerarquía. El cerebro trata la información de modo jerárquico. No es una jerarquía física, como la de las áreas corticales superiores, que están situadas encima de las demás, sino de procesamiento de la información, de conectividad. La región del punto más bajo de la jerarquía es la mayor y recibe grandes cantidades de información sensorial, y en ella cada neurona es especialista en detalles y nimiedades. Por ejemplo, en el punto

más bajo de la jerarquía del procesamiento visual hay un área conocida como V1. Cada neurona de V1 se especializa en un fragmento diminuto de una imagen, como un píxel en una cámara, pero no sólo eso, sino que además tiene una tarea específica en el interior del píxel. Dispara sólo ante un patrón de *input* determinado, por ejemplo, una línea con una inclinación de 45 grados hacia la izquierda. Da igual que estemos mirando un perro o un BMW; si hay una línea con una inclinación de 45 grados a la izquierda, esta neurona disparará. El área V2, la región inmediatamente superior en la jerarquía, empieza por integrar la información procedente de V1. Entonces envía lo que ha integrado a V4. V4 hace su trabajo, y a continuación la información se dirige a un área llamada IT. IT está especializada en objetos enteros. De modo que, si toda la información entrante se corresponde con un patrón de cara, un grupo de neuronas de IT específicas para patrones de cara empiezan a disparar durante el tiempo en que están recibiendo su información desde la jerarquía inferior. «Estoy recibiendo un código, sigue ahí, sigue ahí, a ver... Vale, ya no está, voy a salir.»

Pero no hay que quedarse con la idea de que se trata de un sistema de dirección única. Hay exactamente la misma cantidad de información circulando hacia abajo en la jerarquía que subiendo. ¿Por qué?

Los científicos computacionales han estado modelando la inteligencia como si ésta fuera el resultado de cálculos, un proceso de dirección única. Piensan en el cerebro como si él también fuese un ordenador, que ejecuta toneladas de cálculos al cabo del día. Atribuyen la inteligencia humana a nuestras conexiones en paralelo, en un número descomunal, todas funcionando al mismo tiempo y arrojando una respuesta. Razonan que, en cuanto los ordenadores puedan igualar la cantidad de conexiones en paralelo que tiene el cerebro, tendrán una inteligencia equivalente a la humana. Pero Hawkins señala una falacia en este razonamiento, a la que llama la regla de los cien pasos. Pone el siguiente ejemplo: cuando a un ser humano se le muestra una imagen y se le pide que pulse un botón si en ella aparece un gato, para hacer la tarea tarda cerca de medio segundo o menos. Pero esta misma tarea es muy difícil o imposible de realizar para un ordenador. Como ya sabíamos, las neuronas son mucho más lentas que un ordenador y, en ese medio segundo, la información entrante en el cerebro sólo puede atravesar una cadena de cien neuronas. Podemos dar con la respuesta en cien pasos. Un ordenador digital necesitaría miles de millones de pasos para hallar la respuesta. Entonces, ¿cómo lo hacemos nosotros?

Y aquí está la clave de la hipótesis de Hawkins: «El cerebro no "computa" las respuestas a los problemas que se le plantean; recupera las respuestas de la memoria. En esencia, las respuestas fueron almacenadas en la memoria hace mucho tiempo. Las lentas neuronas no sólo son lo bastante rápidas para hacer

esto, sino que ellas mismas constituyen la memoria. La corteza en su totalidad es un sistema de memoria. No es ni mucho menos un ordenador».[38] Y este sistema de memoria difiere de la memoria de un ordenador en cuatro aspectos:

1. La neocorteza almacena secuencias de patrones.
2. Recupera los patrones de manera autoasociativa, lo que significa que puede recuperar un patrón completo partiendo de un patrón parcial. Vemos una cabeza detrás de una pared y sabemos que hay un cuerpo conectado a ella.
3. Almacena patrones de manera constante. Puede procesar automáticamente variaciones en un patrón: cuando miras a una amiga desde diferentes ángulos y diferentes distancias, aunque el *input* visual sea completamente diferente, tú sigues reconociéndola como amiga tuya.
4. La neocorteza almacena la memoria jerárquicamente.

Hawkins sugiere que el cerebro está usando constantemente su memoria para hacer predicciones. Cuando entras en casa, tu cerebro está haciendo predicciones basadas en la experiencia dónde está la puerta, dónde está el pomo, lo pesada que es la puerta, dónde está el interruptor de la luz, qué muebles hay y dónde están, etcétera. Si algo te llama la atención, es porque la predicción ha fallado. Tu mujer ha pintado la puerta trasera de color rosa sin decirte que pensaba hacerlo, así que lo notas. («¿Qué diantre…?») No se corresponde con el patrón previsto. (De hecho, no se corresponde con nada.) Como buen amante de las emociones fuertes, Hawkins plantea que la predicción «es la función principal de la neocorteza, y el fundamento de la inteligencia».[38] Esto significa que la predicción está en marcha todo el tiempo y en todo lo que hacemos, porque todas esas células neocorticales procesan la información de la misma manera. Hawkins afirma que «el cerebro humano es más inteligente que el de los otros animales porque puede hacer predicciones sobre más tipos abstractos de patrones y sobre secuencias más largas de patrones temporales».[38]

Rita Rudner,* en un gag cómico suscitado con motivo de su aniversario de boda, dice que hay que tener mucho cuidado con las tareas domésticas que haces durante las dos primeras semanas de casada, pues serán las que acabarás teniendo que hacer durante todo el matrimonio. ¡No querrás establecer un

* Véase nota del traductor de la página 43.

patrón predecible que luego vayas a lamentar! Hawkins entiende la inteligencia como la medida en que recordamos y predecimos patrones, sean de palabras, números, situaciones sociales u objetos físicos. Esto es lo que ocurre entonces cuando las áreas corticales envían información a los niveles inferiores de la jerarquía cortical:

> Durante muchos años, la mayoría de los científicos ignoraban estas conexiones de realimentación. Mientras tu comprensión del cerebro se limita a cómo la corteza recibe información entrante, la procesa y actúa en función de ella, no necesitas realimentación. Lo único necesario son conexiones de dirección única, que vayan de las áreas sensoriales a las áreas motoras de la corteza. Pero cuando empiezas a darte cuenta de que la función principal de la corteza es hacer predicciones, tienes que introducir la realimentación en el modelo: el cerebro debe enviar un flujo de información de nuevo a la región que recibió las aferencias en primer lugar. La predicción requiere una comparación entre lo que está pasando y lo que esperas que pase. Lo que está pasando realmente fluye hacia arriba, y lo que esperas que pase fluye hacia abajo.[38]

Así que volvemos al procesamiento visual de una cara del que hablábamos al principio: IT está disparando señales relativas a la identificación de un patrón facial, y envía esta información hacia delante, en dirección a los lóbulos frontales, pero también hacia abajo siguiendo la jerarquía. «Estoy recibiendo el código de una cara, sigue ahí, sigue ahí, a ver... Vale, ya no está, voy a salir.» Pero V4 ya había reunido de antemano toda la información, y mientras la enviaba a IT, también la voceó de nuevo hacia abajo, a V2: «Te apuesto lo que quieras a que es una cara. La tengo casi toda compuesta, y de las últimas cien veces que las piezas eran así, noventa y cinco veces fue una cara, así que sin duda ahora también lo es». Y V2 exclama: «¡Lo sabía! Me sonaba tanto... Yo estaba pensando exactamente lo mismo. Se lo dije a V1 en cuanto empezó a mandarme cosas. ¡Es que soy tan buena en esto!». Se trata de una descripción simplificada, pero ésa es la idea.

La neocorteza de los mamíferos se acopló encima del menos potente cerebro tipo reptiliano (con algunas modificaciones). Este último, sin embargo, no es moco de pavo. Era capaz de hacer muchas cosas, y todavía lo es. Los cocodrilos pueden ver, oír, tocar, correr, nadar, mantener todos sus mecanismos homeostáticos, capturar presas, practicar sexo y prestar su nombre a una empresa fabricante de calzado. Nosotros podemos hacer la mayoría de estas mismas cosas sin nuestra neocorteza, aunque Michael Jordan haya necesitado la suya para conseguir que unas zapatillas lleven su nombre. Tener este suple-

mento volvió más listos a los mamíferos, y según Hakwins es porque les añade memoria. La memoria permitió a un animal predecir el futuro, al capacitarlo para recordar información sensorial y conductual previa. Las neuronas reciben sus aferencias del día antes y las reconocen. «Mira tú, ayer recibimos unas señales semejantes, y resultó algo delicioso para comer. Veamos, todo nuestro *input* es exactamente igual al de ayer. Digamos que hacemos la predicción de que se trata de la misma cosa que ayer, un bocado delicioso. Nos lo comeremos entonces.»

La memoria y la predicción permiten a un mamífero adoptar las rígidas conductas desarrolladas por las estructuras evolutivamente más antiguas y usarlas con mayor inteligencia. Tu perro predice que, si se sienta frente a ti, pone la pata encima de tu regazo e inclina la cabeza, le acariciarás, al igual que hiciste todas esas otras veces en el pasado. No tiene por qué inventarse ningún nuevo movimiento. No precisa usar su neocorteza para sentarse, levantar la pata e inclinar la cabeza, pues ahora puede recordar el pasado y prever el futuro. Sin embargo, los animales dependen del entorno para acceder a su memoria. Tu perro te ve, y eso le procura el estímulo que necesita. No existen pruebas de que, cuando está tumbado en el jardín, esté rumiando qué hacer para que le acaricien. Merlin Donald sostiene que los seres humanos tenemos la capacidad única de estimularnos a nosotros mismos. Podemos recuperar voluntariamente datos de la memoria sin recibir estímulos del entorno.[49] Hawkins piensa que la inteligencia humana es única porque la neocorteza de los seres humanos es mayor, lo que nos permite aprender modelos del mundo más complejos y hacer predicciones más complejas. «Somos capaces de ver analogías más profundas, más estructura en la estructura, que los otros mamíferos.» También tenemos lenguaje que, según Hawkins, encaja maravillosamente en el marco de la predicción y la memoria. Después de todo, el lenguaje es pura analogía: tan sólo patrones inscritos en una estructura jerárquica (semántica y sintaxis), que es esencialmente lo que su marco reconoce. Y, como sugirió Merlin Donald, el lenguaje requiere coordinación motora.

Los seres humanos también han llevado su conducta motora al extremo. Hawkins observa que nuestra capacidad para ejecutar movimientos complejos se debe al hecho de que nuestra neocorteza ha pasado a controlar la mayoría de nuestras funciones motoras. Si inutilizáramos la corteza motora de una rata, tal vez no percibiríamos ningún cambio, pero si inutilizamos la de un ser humano, el resultado es una parálisis. Nuestra corteza motora está mucho más conectada con nuestros músculos que la de cualquier otra especie. Ésta es la razón por la que Michael Jordan necesitó su neocorteza para convertirse en el rey del baloncesto. Hawkins piensa que nuestros movimientos son el resultado

de predicciones, y las predicciones son la causa de la orden motora que desencadena el movimiento: «En vez de limitarse a hacer predicciones basadas en la conducta del viejo cerebro, la neocorteza humana dirige la conducta para satisfacer sus predicciones».[38]

Hawkins no ve realmente factible que algún día pueda yo adquirir un robot personal. A su juicio, para que un robot actuase como un ser humano o interaccionase a la manera humana, debería tener el mismo *input* sensorial y emocional, y haber vivido experiencias humanas. Para comportarte como un ser humano, tienes que haber experimentado la vida como lo hace una entidad biológica humana. Eso sería dificilísimo de programar, y Hawkins no cree que fuese buena idea. Según él, tales robots serían más caros y difíciles de mantener que un ser humano auténtico y no podrían relacionarse con uno en el nivel de la experiencia compartida. Cree que podemos construir una máquina inteligente dándole sentidos (no necesariamente los mismos que tenemos nosotros; podría tener visión infrarroja, por ejemplo) para que pudiese aprender de la observación del mundo (en vez de tenerlo todo programado en su interior), y una cantidad enorme de memoria, pero seguramente no se parecería a Sofia ni a Johnny.

A Hawkins no le preocupa que una máquina inteligente pueda ser malévola, que quiera conquistar el mundo o pueda lamentarse por su condición de esclava de su opresor humano. Estos miedos se basan en una analogía falsa: confundir la inteligencia con el hecho de «pensar como un ser humano», que, como hemos visto, a menudo equivale a estar dominado por impulsos emocionales procedentes de la parte evolutivamente más antigua de nuestro cerebro. Una máquina inteligente no tendría los impulsos y deseos de un ser humano. Hay una diferencia entre la inteligencia neocortical, medida por la capacidad predictiva de una memoria jerárquica, y lo que le ocurre a eso cuando se le añade *input* del resto del cerebro. Hawkins pone en duda que algún día seamos capaces de descargar nuestra mente en un chip e instalarla en un robot, como prevé Ray Kurzweil. Considera del todo imposible que los miles de millones de conexiones únicas en el sistema nervioso se copien y se dupliquen, y que se instalen luego en un cuerpo robótico igual que el nuestro. Las predicciones de cada cerebro están conformadas por todos esos años de *input* sensorial, enviado desde las dimensiones exactas de un cuerpo específico. En un cuerpo distinto, esas predicciones no servirían. El ritmo corporal de Michael Jordan estaría totalmente desfasado en el cuerpo de Danny DeVito, y a la inversa.

## *El proyecto Blue Brain*

Henry Markram, director del Instituto del cerebro y la mente en la École Polytechnique Féderale de Lausana (EPFL), en Suiza, es un gran defensor de la idea según la cual, para entender cómo funciona el cerebro, es de la máxima importancia considerar su biología. Está de acuerdo con Hawkins con respecto a los problemas del modelo de inteligencia artificial: «"El problema principal, en neurociencia computacional, es que teóricos que no tienen un conocimiento profundo de neurociencia están diseñando modelos del cerebro". Los modelos actuales "pueden adoptar algunos elementos de realismo biológico, pero generalmente están lejos de ser biológicos". Lo que la disciplina necesita, afirma Markram, son "neurocientíficos computacionales [que estén] dispuestos a trabajar codo con codo junto a los neurocientíficos para seguir fielmente a la biología y aprender de ella"».[50] Markram es un hombre riguroso. No es de los que se pierden en teorías sin fundamento. Parte del nivel del canal iónico y los neurotransmisores, el nivel dendrítico y sináptico, y desde ahí se eleva hasta lo teórico.

Markram y su instituto, en colaboración con IBM y su superordenador Blue Gene/L, han emprendido ahora la tarea de aplicar la ingeniería inversa a la reconstrucción del cerebro de los mamíferos. El proyecto ha sido denominado Blue Brain, y en complejidad no tiene nada que envidiar al proyecto del genoma humano. Para empezar, están creando una réplica en 3-D de un cerebro de rata con la intención de llegar algún día a crear una de un cerebro humano. «Los objetivos de esta ambiciosa iniciativa son simular los cerebros de mamíferos con un alto grado de fidelidad biológica y, en última instancia, estudiar los pasos implicados en la aparición de la inteligencia biológica».[3] No es un intento de crear un cerebro o una inteligencia artificial, sino un intento de representar el sistema biológico. A partir de ello, pueden derivarse descubrimientos sobre la inteligencia e incluso sobre la conciencia.

Markram incide en la cuestión fundamental de que existen «saltos cuánticos en la "cualidad" de la inteligencia entre diferentes niveles de un organismo». Así, la inteligencia de un átomo es menor que la de una molécula de ADN, que tiene menos inteligencia que la proteína para la que codifica, que a su vez no es nada en comparación con los distintos tipos de célula producidos por combinaciones de proteínas. Estos distintos tipos de célula se combinan para generar diferentes áreas cerebrales, que contienen y procesan distintos tipos de información. La idea es que el cerebro como un todo representa el siguiente salto cuántico en la cualidad de la inteligencia, por encima de sus estructuras físicas, las diferentes áreas cerebrales y las neuronas. La cuestión es

si la interacción entre las neuronas, todo aquello que dijimos sobre estar bien conectado, es lo que está detrás de este último salto cualitativo. En definitiva, este modelo en 3-D no es una burda réplica que se haya hecho nunca antes. En realidad, no podría haberse hecho antes de ningún modo. Requiere la enorme potencia computacional del ordenador Blue Gene, el ordenador más grande y más rápido del mundo.

Están construyendo la réplica de neurona específica a neurona específica, porque cada neurona es única en lo referente a su anatomía y electricidad, y tiene conexiones dendríticas únicas. El proyecto se basa en una cantidad inmensa de trabajo de investigación que se ha llevado a cabo durante los últimos cien años en neuroanatomía, empezando por el descubrimiento de la microestructura de la columna neocortical y, en fisiología, empezando por el modelo de las corrientes iónicas y la idea de que las ramas dendríticas de las neuronas influyen en su procesamiento. El primer objetivo del proyecto se ha alcanzado. Se trataba de construir una sola columna neocortical de una rata de dos semanas de edad. Como preparación para este proyecto, durante los últimos diez años los investigadores de la EPFL han estado realizando registros comparados de la morfología y fisiología de miles de neuronas individuales y su conectividad sináptica en la corteza somatosensorial de ratas de dos semanas de edad. La réplica de la columna neocortical, la «columna azul»,* está compuesta de diez mil neuronas neocorticales de las dimensiones de una columna neocortical, que tiene cerca de medio milímetro de diámetro y sólo un milímetro y medio de altura.[3]

A finales del año 2006 se completó la primera columna; el modelo incluía treinta millones de sinapsis en localizaciones exactas en 3-D. El siguiente paso es comparar los resultados de simulación del modelo con datos experimentales procedentes del cerebro de las ratas. Entonces se identifican áreas en las que se necesita más información, y se investiga más sobre cómo rellenar estos huecos. No se trata de un asunto que pueda resolverse en el primer intento. El circuito deberá ser reconstruido de nuevo cada vez que se perfeccione una sección con nuevos datos, y la réplica del circuito biológico real será cada vez más precisa.

* La columna azul está compuesta de «distintos tipos de neuronas de la capa I, múltiples subtipos de neurona piramidal de las capas II-VI, neuronas estrelladas espinosas de la capa IV y más de 30 tipos anatómicos y eléctricos de interneurona, con variaciones en cada una de las capas II-VI». H. Markram, «The Blue Brain Project», *Nature Reviews Neuroscience*, nº 7, 2006, págs. 153-160.

### ¿Qué sentido tiene construir este modelo?

Markram tiene una lista de la compra completa con la información que puede obtenerse de estos modelos. Si Breazeal cree que sus robots servirán para verificar teorías neurocientíficas, Markram piensa lo mismo de su proyecto de la columna azul: «Simulaciones del cerebro detalladas y precisas nos brindan la oportunidad de responder a algunas cuestiones fundamentales sobre el cerebro que no pueden plantearse partiendo de ninguno de los actuales enfoques experimentales o teóricos».[3] En primer lugar, lo considera un modo de reunir las piezas del rompecabezas que forman los datos aislados que se han recogido hasta el momento sobre las columnas corticales, e integrarlas todas en un mismo marco. Los métodos experimentales actuales únicamente permiten vislumbrar pequeñas partes de la estructura; lo que facilitaría completar el rompecabezas. Los aficionados a completarlos saben lo satisfactorio que puede resultar eso.

Markram espera que el constante perfeccionamiento de los detalles del modelo nos permitirá entender el modo preciso en que se controlan los canales iónicos, los receptores, las neuronas y los circuitos sinápticos. Espera poder resolver cuestiones acerca de la función computacional exacta de cada elemento y su contribución a la conducta que surge como resultado del conjunto. También prevé un mayor esclarecimiento del misterio de cómo surgen de esos circuitos las propiedades emergentes: por ejemplo, el almacenamiento y la recuperación de recuerdos en la memoria o la inteligencia. Un modelo detallado también sería de ayuda en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Además de identificar puntos débiles en los circuitos que pueden causar disfunciones, y señalarlos como objetivos del tratamiento, las simulaciones de enfermedades neurológicas o psiquiátricas también podrían emplearse para contrastar hipótesis sobre su origen, diseñar test para diagnosticarlas y hallar tratamientos adecuados. También proporcionaría diseños de circuitos que podrían usarse para fabricar chips de silicona. ¡No está mal para empezar!

## CAMBIAR TUS GENES

Gregory Stock, director del Programa de Medicina, Tecnología y Sociedad en la UCLA, no cree que los avances en los campos de la tecnología y la robótica vayan a cambiar lo que significa ser humano. Piensa que, a lo sumo, van a hacer que sigamos siendo fiborgs. Las máquinas seguirán siendo máquinas, y los cuerpos seguirán siendo carbono. La idea de tenderse en la mesa de operaciones

para hacerse un poco de neurocirugía, aunque uno se sienta perfectamente, no le atrae demasiado y no cree que resulte atractiva para mucha gente, en especial cuando todo lo que se puede conseguir así es posible obtenerlo mediante un dispositivo externo. La neurocirugía tampoco está en absoluto en los primeros puestos de mi lista de cosas por hacer. ¿Por qué arriesgarse, cuando puedes llevar un dispositivo tipo reloj en la muñeca o acoplarte algo en el cinturón? ¿Por qué hurgar en un ojo sano cuando puedes ponerte unas gafas de visión nocturna? Stock cree que lo que conmocionará nuestro mundo son los campos de la genética y la ingeniería genética: la manipulación de ADN, el hombre dirigiendo su propia evolución. Estos cambios no derivarán de las ideas tramadas por algún científico chiflado sobre cómo modificar la raza humana a su capricho; penetrarán gradualmente como resultado de los estudios realizados para tratar enfermedades genéticas y evitar que se transmitan a nuestros hijos. También obedecerán al descubrimiento de que gran parte del temperamento se debe a los genes (al igual que les ocurre a los zorros siberianos domesticados de los que hablamos en el capítulo 5), y de que estos genes serán modificables. «Ya hemos empleado la tecnología para transformar el mundo que nos rodea. Las montañas de cristal, cemento y acero inoxidable que encontramos en cualquier gran ciudad no se parecen en nada a los dominios de nuestros antepasados del pleistoceno. Actualmente, nuestra tecnología se está haciendo tan potente y precisa que la estamos dirigiendo hacia nosotros mismos. Y antes de que hayamos terminado, seguramente habremos transformado nuestra propia biología tanto como hemos transformado el mundo que nos rodea.»[51]

### *Ayudas basadas en la biología: maneras de cambiar nuestro ADN*

Puedes cambiar tu biología tomando medicamentos, o cambiar el manual de instrucciones que contiene el código de cómo construir tu cuerpo. El ADN es este manual. Hay dos maneras de manipular el ADN: terapia génica somática y terapia génica germinal. La terapia génica somática es la manipulación del ADN que una persona ya tiene en sus células no reproductoras; afecta sólo al individuo que se somete a la terapia. La terapia génica germinal es la manipulación del ADN en el esperma, el óvulo o el embrión, de modo que cada célula del futuro organismo adulto tendrá el nuevo ADN, incluyendo las células reproductoras. Esto significa que el cambio se transmitirá a las generaciones futuras.

Stanley Cohen, de la Universidad de Stanford, y Herbert Boyer, a la sazón en la Universidad de California, San Francisco, trabajaban a tan sólo cincuenta

quilómetros el uno del otro, pero se conocieron en Hawái, cuando, en 1972, ambos asistían a una conferencia sobre plásmidos bacterianos. Un plásmido es una molécula de ADN, normalmente en forma de anillo. Difiere del ADN cromosómico, pero también es capaz de replicarse. Normalmente se encuentra flotando en el interior de las células bacterianas. Una de las razones de la importancia de los plásmidos es que estas hebras de ADN pueden contener información que vuelve a las bacterias resistentes a los antibióticos. Cohen había estado trabajando en la manera de aislar genes específicos en plásmidos y clonarlos individualmente, por el procedimiento de introducirlos en bacterias *Escherichia coli* y hacer que se replicasen. Boyer había descubierto una enzima que cortaba hebras de ADN en secuencias específicas, dejando «extremos pegajosos» que podían adherirse a otras cadenas de ADN. En una conversación de sobremesa, se preguntaron si la enzima de Boyer podría cortar el ADN plásmido de Cohen en segmentos específicos, no aleatorios, y luego unirlos de tal modo que formasen plásmidos nuevos. Decidieron colaborar, y en cuestión de meses consiguieron injertar una porción de ADN ajeno en un plásmido.[52] El plásmido actuó como vehículo para transportar este nuevo ADN, que a continuación introdujo nueva información genética en una bacteria. Cuando la bacteria se reprodujo, copió el ADN ajeno en su descendencia. Así crearon una bacteria que actuaba como una fábrica natural, produciendo las nuevas hebras de ADN. Boyer y Cohen, hoy considerados los padres de la biotecnología, comprendieron que habían inventado una manera rápida y fácil de fabricar sustancias biológicas. Boyer se convirtió en el cofundador de la primera empresa de biotecnología, Genentech. Actualmente, personas de todo el mundo disfrutan de los beneficios de las «fábricas celulares» de Boyer y Cohen. Bacterias diseñadas genéticamente producen hormonas del crecimiento humano, insulina sintética, el factor VIII para la hemofilia, somatostatina para la acromegalia y el agente disolvente de coágulos llamado «activador tisular plasminógeno». Esta línea de investigación partía de la hipótesis de que es posible introducir ADN a la medida en las células humanas, pero el problema era cómo meterse en la célula.

El objetivo de la terapia somática es reemplazar un gen defectuoso que está causando una enfermedad o disfunción, mediante la inserción de un gen sano en las células de un individuo. En la terapia génica somática, se cambia el genoma del receptor, pero no en todas las células del cuerpo, y el cambio no se transmite a la siguiente generación. No ha resultado una tarea fácil. Aunque se ha investigado mucho y se ha invertido un montón de dinero en este campo, hasta el momento los éxitos han sido escasos y aislados.

En primer lugar, existe el problema de cómo insertar exactamente los genes en una célula. Los investigadores acabaron por darse cuenta de que debían

utilizar a los expertos en invasión y replicación de células: los virus. A diferencia de las bacterias, los virus no pueden replicarse por sí mismos. En realidad, un virus es sólo un vehículo para ADN o ARN. Consiste en ADN o ARN rodeado de una capa protectora de proteína: eso es todo. Son la quintaesencia de los invitados que te echan de tu casa.

En realidad, los virus se cuelan en la célula huésped y acto seguido usan el aparato de replicación de ésta para hacer copias de su propio ADN. Sin embargo, si puedes hacer que este ADN contenga una copia sana de un gen defectuoso, y dirigirlo a células que tienen una copia defectuosa, entonces, bueno, ya puedes ver las posibilidades de un virus que actúa como agente de la terapia génica somática: cogemos el virus de ADN, le añadimos el ADN que queremos, y lo dejamos libre.

Para empezar, la investigación se ha concentrado en enfermedades causadas por un único gen defectuoso en células accesibles, como las células de la sangre o de los pulmones, y no en enfermedades provocadas por una partida de distintos genes defectuosos trabajando en equipo. Pero, por supuesto, nada es tan fácil como parece a simple vista. Las capas proteicas de los virus resultan extrañas al cuerpo, y a veces han suscitado reacciones del huésped que han originado rechazo, un problema que tal vez haya sido resuelto recientemente por un equipo de investigadores italianos.[53] Debido a los problemas de rechazo, se han ensayado diferentes vehículos para el ADN. Insertar hebras de ADN en un cromosoma también resulta complicado, pues es importante el punto de inserción. Si se insertan cerca de una secuencia de ADN que regula la expresión de las secuencias contiguas, esto puede tener consecuencias inesperadas, por ejemplo, tumores.[54] Es más, la mayoría de las enfermedades genéticas, como la diabetes, la enfermedad de Alzheimer, diversas enfermedades coronarias y varios cánceres, son el resultado de una variedad de genes, no de uno solo. Además, los efectos de la terapia quizá no sean duraderos. Las células que han sido modificadas pueden ser de corta vida, de modo que la terapia tiene que repetirse.

La terapia génica ha tenido algunos éxitos, incluyendo el tratamiento de la enfermedad de inmunodeficiencia combinada grave (también conocida como la enfermedad del niño burbuja)[55, 56, 57] y la enfermedad granulomatosa crónica ligada al cromosoma X,[58] otro tipo de inmunodeficiencia. Mientras estoy escribiendo esto, la BBC informa de que un equipo del Hospital Moorfields Eye de Londres ha llevado a cabo el primer intento de curación de la ceguera causada por un gen defectuoso llamado RPE65 usando terapia génica.[59] Hasta dentro de unos meses no se sabrá si este intento ha tenido éxito o no. El problema es que la terapia somática es un arreglo provisional. Las personas que han sido tratadas con ella todavía llevan el gen mutante y pueden transmitirlo a sus

descendientes. Éste es el problema que impulsa la investigación en terapia génica germinal.

En la terapia génica germinal se cambia el ADN del embrión, incluido el que contienen sus células reproductoras. Cuando le llega el momento de reproducirse, sus óvulos o espermatozoides contienen el nuevo ADN, y los cambios se transmiten a sus descendientes. El gen o los genes que producen la enfermedad desaparecen para siempre del genoma de un individuo concreto. Esta idea no pudo siquiera concebirse hasta 1978, cuando nació el primer bebé probeta. La fertilización in vitro implica recoger óvulos de los ovarios de la mujer, y mezclarlos con esperma en una placa de Petri. El embrión resultante es entonces accesible a la manipulación. La fertilización in vitro (FIV), muy controvertida en el momento de su aparición, está hoy día en boca de todos. Esto no quiere decir que el proceso sea agradable. Resulta difícil y arduo, tanto física como emocionalmente. A pesar de las dificultades, hay muchas parejas estériles que se benefician de esta tecnología, hasta el extremo de que un 1 % de los bebés nacidos en Estados Unidos se deben a la fertilización in vitro.

No toda la fertilización in vitro se hace para parejas estériles. En ocasiones se hace para los padres de un niño que padece una enfermedad genética, como la fibrosis quística. También se puede recurrir a ella cuando uno o ambos miembros de la pareja saben que tienen una copia defectuosa de un gen. Los embriones concebidos in vitro, cuando alcanzan el estadio de ocho células, pueden ser analizados mediante los test genéticos disponibles actualmente. Hasta el año 2006, sólo era posible detectar un puñado de enfermedades. Sin embargo, esta situación ha cambiado gracias a un nuevo procedimiento conocido como haplotipo genético preimplantacional (PGH, por sus siglas en inglés),[60] desarrollado en el Guy's Hospital de Londres. Hoy podemos coger una única célula del embrión primerizo, extraerle el ADN, replicarlo y usarlo a continuación para determinar la huella de ADN. Ello permite no sólo aumentar el número de defectos genéticos que pueden detectarse en los embriones preimplantados, que hoy ascienden a millares, sino aumentar también el número de embriones utilizables y su índice de supervivencia. Antes de que este test estuviese disponible, los embriones varones sospechosos de padecer enfermedades ligadas al cromosoma X debían descartarse, puesto que no existía ningún test fiable. Hoy también pueden ser analizados. El ser humano es el único animal que puede manipular sus cromosomas (y los de otras especies) y guiar su reproducción genética.

Las repercusiones futuras del PGH son enormes. Existe una página web llamada <BetterHumans.com>. La primera página de comentarios sobre el PGH parece bastante representativa del debate que se ha suscitado:

«Es muy importante, considerando lo mucho que afectará a la felicidad de un individuo durante toda su vida y el bienestar que proporcionará al mundo.»

«Es fantástico que esto todavía no sea ilegal. ¿No te encanta el incrementalismo?»

«Pero tendremos que definir de nuevo lo que entendemos por enfermedad. Yo considero que la esperanza de vida media es una enfermedad.»

«Quizá será posible extrapolar la tendencia genética a tener una vida más larga, en cuyo caso podremos diseñar vidas más largas para la población.»

«Cuando podamos decir con certeza que un determinado patrón de ADN tiene un nivel inaceptable de propensión a contraer una enfermedad concreta, no sería ético propagarlo.»

«Tienes razón, erradicar la enfermedad de los rasgos socialmente deseables no es un proceso simple... Es importante preservar la diversidad.»

«Sin embargo, en lo que respecta a las políticas públicas, un comité ético internacional debería decidir qué opciones genéticas conducen a trastornos médicos.»

Los menos entusiastas estarán de acuerdo con Josephine Quintavalle, miembro de la organización activista pro-vida Comment on Reproductive Ethics, que dijo: «Me horroriza pensar en esas personas sentadas en el tribunal que juzgará a esos embriones y decidirá cuál debe vivir y cuál debe morir».[61]

Incluso antes de la aparición de este tipo de test, una versión anterior que permitía analizar sólo un puñado de enfermedades hizo que diferentes países adoptaran enfoques muy distintos en la legislación y regulación de su uso, lo que dio lugar al fenómeno del turismo reproductor, las únicas vacaciones de las que regresas más cansado de lo que estabas cuando te fuiste. Obviamente, este test aún más exhaustivo planteará nuevas cuestiones éticas.[62]

Actualmente, cuando los miembros de una pareja se someten a este test, pueden estar preocupados sólo por las enfermedades genéticas que causan un trastorno crónico o una muerte prematura. Pero la verdad es que ningún embrión será perfecto. Puede que carezca de los genes que codifican enfermedades que aparecen en la niñez, como la fibrosis quística o la distrofia muscular, pero supongamos que tiene genes que indican una elevada probabilidad de desarrollar la diabetes al alcanzar la mediana edad, o una enfermedad coronaria, o la enfermedad de Alzheimer. ¿Lo descartaríamos, para empezar de nuevo e intentar obtener uno mejor? ¿Y qué hay de la depresión? Aquí es donde entran en juego el futuro de la terapia germinal y todas esas intrincadas cuestiones éticas: ¡No lo descartes, mejóralo!

Al cambiar el ADN de un embrión, se cambia el ADN de todas sus células futuras, desde el cerebro a los globos oculares y los órganos reproductores.

También cambia el ADN de los futuros óvulos y espermatozoides. Esto significa que el ADN alterado se transmite a todos los descendientes futuros, que serían por tanto «organismos genéticamente modificados». En cierto sentido, todo organismo puede modificarse genéticamente con sólo recombinar sus genes. Los seres humanos hemos estado guiando nuestra evolución mucho más de lo que nos imaginamos, en ámbitos que van de la agricultura a la medicina moderna. Aunque la medicina moderna ha descubierto maneras de tratar dolencias como las enfermedades infecciosas, la diabetes y el asma, gracias a lo cual la gente vive más tiempo, también ha permitido que algunas personas —que normalmente no hubiesen alcanzado la edad reproductora— se reprodujesen y transmitiesen esos genes. Sin darnos cuenta, hemos afectado a la evolución, aumentando la frecuencia de los genes que codifican esas enfermedades. Sin embargo, el término «organismo genéticamente modificado» ha llegado a significar la manipulación del ADN por el hombre con el propósito de seleccionar la presencia o la ausencia de rasgos específicos. Esto se ha hecho con plantas y animales de laboratorio, pero no con seres humanos.

Hoy, en el año 2007, cuando tienes un bebé sin recurrir a fertilización in vitro, no puedes considerarte responsable de su ADN: tienes lo que tienes y ya está. Es decir, a menos que sepas que posees un gen defectuoso que puede provocar una enfermedad y decidas reproducirte igualmente. Es discutible hasta qué punto es ética esta decisión. Ahora que se ha secuenciado el genoma humano, y muy pronto nos será posible conocer nuestra propia secuencia por unos pocos euros, esta actitud de desinterés con respecto al ADN futuro de nuestra descendencia quizá resulte inaceptable.

Es posible imaginar la siguiente escena en un tribunal:

—Señor Smith, leo aquí que usted se hizo secuenciar su genoma en febrero de 2010. ¿Es eso cierto?

—Ah, sí, creí que estaría bien hacérmelo.

—También leo que usted recibió una copia impresa de los resultados y una explicación de lo que significaban.

—Bueno, sí, me dieron un papel.

—Sí, pero usted firmó este papel en el que declara comprender que usted tiene un gen que puede provocar que un descendiente suyo padezca...

—Sí, supongo que sí.

—¿Y sin embargo, usted siguió adelante y tuvo un hijo sin hacerse antes la preimplantación génica haplotípica? ¿No hizo nada para evitar que su hijo padeciese esta enfermedad?

—Bueno, verá, lo que pasó es que nos dejamos llevar y, bueno, ocurrió y ya está.

—Informó usted a su pareja que sabía que tenía esos genes defectuosos?

—Mmh, bueno, creo que se me olvidó.

—*¿Cree que se le olvidó? ¿Hoy que disponemos de la tecnología necesaria para evitar este tipo de cosas?*

Pero también está el otro lado de la moneda. Tu futuro hijo adolescente puede hacerte responsable de todo lo que no le gusta de sí mismo. «Oye papá, ¿no podías haber sido un poco más original? Quiero decir, todo el mundo tiene pelo rubio rizado y ojos azules. Y también me podías haber hecho un poco más atlético. Es que ni siquiera puedo correr un maratón sin entrenar.»

Todavía no hay nadie que esté manipulando la línea germinal humana. Aún se ignoran demasiadas cosas acerca de las propiedades de muchos genes y de cómo los genes se influyen y se controlan unos a otros. Tal vez resultará que es demasiado complicado para tocar nada. Es posible que los genes que controlan la expresión de ciertos rasgos estén tan vinculados a la expresión y al control de otros genes que quizá no sea posible aislarlos. Puede que ciertos rasgos sean el resultado de una constelación de genes que no puede alterarse sin afectar a muchos otros rasgos. Los padres se mostrarán reticentes a interferir en los genes de sus hijos, y es posible que tengan razón. Los europeos y la gente de Marin County* ni siquiera quieren que se modifiquen los genes de sus verduras. Por esto se ha puesto en marcha un proyecto nuevo: la idea de crear un cromosoma artificial.

## Cromosomas artificiales

La primera versión de un cromosoma humano artificial fue realizada en 1997 por un equipo de investigadores de la Universidad Case Western Reserve.[63] Se usó para ayudar a esclarecer la estructura y función de los cromosomas humanos, y posiblemente para evitar algunos de los problemas de la terapia vírica y no vírica. Recordará el lector que tenemos veintitrés pares de cromosomas. La idea es añadir uno «vacío» (y esperamos que también inerte), que pueda modificarse. El cromosoma artificial se inserta en el embrión, y después se le puede agregar cualquier cosa que queramos. Parte de lo agregado puede tener inte-

* Marin County es un condado agrícola del Estado de California cuyos habitantes votaron, en noviembre de 2004, a favor de prohibir el cultivo de organismos genéticamente modificados en su territorio. Desde entonces se ha convertido en un símbolo para el movimiento contra los transgénicos en Estados Unidos. *(N. del t.)*

rruptores de encendido y apagado que estarían bajo el control del individuo cuando éste fuera mayor. Por ejemplo, podría haber un gen para células contra el cáncer que no se expresaría excepto en presencia de una sustancia química en particular. Esta sustancia se introduciría mediante una inyección. Una persona descubre que tiene cáncer, se pone la inyección que enciende el gen que produce las células contra el cáncer, y hete aquí que el cuerpo resuelve el desaguisado sin mayor dificultad. Otro tipo de inyección podría apagar el gen e interrumpir su expresión. Y si se descubren mejores secuencias, cuando llegue el momento de que nuestros hijos se reproduzcan, pueden reemplazar lo que contenga el cromosoma artificial por una versión nueva y mejor. Algunos de los genes tendrán que ser capaces de suprimir la expresión de genes de los cromosomas originales, si controlan el rasgo que queremos modificar.

Por supuesto, todo ello bajo el supuesto de que la reproducción será por fertilización in vitro. ¿Controlaremos los seres humanos nuestra reproducción hasta este extremo? Nuestros instintos sexuales actuales, que forman parte de nuestro código genético, originan una gran cantidad de reproducción indeseada. En Estados Unidos, el aborto elimina la mitad de esos embarazos no planeados. No obstante, si el instinto sexual fuese suprimido por el procedimiento de seleccionar una población formada por personas que lo planean todo, ¿sobreviviríamos como especie? ¿Qué coste tendría todo esto? ¿Se lo podrán permitir sólo los países ricos, o los ricos de cada país? ¿Es importante?

Tal vez algunos lectores piensen que todo esto resulta inquietante y consideren que deberíamos pisar un poco el freno, pero es preciso recordar qué es lo que dirige nuestra conducta. Nuestros genes están programados para reproducirse. Además de impulsar la conducta reproductora, también nos hacen proteger a nuestros hijos para garantizar que sobrevivirán a fin de poder reproducirse a su vez. Stock predice que, en el futuro, esta protección incluirá también un PGH rutinario, de modo que los que puedan permitírselo ya no se reproducirán a la antigua usanza, más bien azarosa y demodé, sino que recurrirán a la fertilización in vitro y la selección de embriones.

Y naturalmente, después de la prevención de enfermedades vendrá la modificación o el perfeccionamiento de los embriones. Cuanto más se sepa sobre cómo controla la actividad cerebral nuestro código genético personal, cómo las enfermedades mentales derivan de secuencias específicas de ADN y cómo se codifican los distintos temperamentos, más irresistible será la tentación de manipular todo esto. Al principio, la motivación será prevenir las enfermedades, pero, ya puestos, ¿qué tal si...? Stock cita un comentario de James Watson, codescubridor de la estructura en doble hélice del ADN, en una conferencia sobre la ingeniería de la línea germinal humana en 1998: «En realidad

nadie tiene arrestos para decirlo, pero si el conocimiento de cómo se añaden genes nos permite crear seres humanos mejores, ¿por qué no hacerlo?».[64] La línea que separa la modificación del perfeccionamiento es más o menos borrosa, dependiendo del punto de vista. «Cuando alguien es realmente estúpido, yo lo llamaría una enfermedad», dijo Watson en un documental británico. «El 10 % que están en el extremo inferior, que realmente tienen dificultades incluso para cursar la enseñanza primaria, ¿por qué tienen esas dificultades? Mucha gente diría: "Bueno, la pobreza y cosas por el estilo". Probablemente no es así. Luego a mí me gustaría que nos libráramos de eso, para ayudar a ese 10 % del extremo inferior.»[65] Tanto Watson como Stock entienden que tendremos que hacernos a la idea de que muchas de las diferencias (y de las semejanzas) psicológicas entre las personas tienen raíces biológicas.

Al principio, estas tecnologías se desarrollarán para el tratamiento y prevención de enfermedades, para sintetizar fármacos genéticos a medida y para el asesoramiento genético. Pero, obviamente, tendrán aplicaciones en la modificación y el perfeccionamiento del genoma humano. «Muy bien, aquí tengo un par de embriones. ¿Qué quieren añadirles? Ah, sí, aquí está el formulario de pedido que ustedes rellenaron. Veo que seleccionaron alto, simétrico, ojos azules, feliz, varón. Hmm, ¿están seguros? Todo el mundo está pidiendo varones altos, vaya, pues habrá montones de ellos. Ajá, quieren el kit atlético, y el kit anticáncer, antienvejecimiento, antidiabetes y antienfermedades coronarias. Eso es lo estándar, hoy en día va incluido en el cromosoma nuevo.»

Así que los seres humanos podríamos en breve tomar las riendas de nuestra propia evolución. No obstante, este tipo de cambio no tendrá la marca del paso del tiempo. Los rasgos seleccionados no estarán conformados por cientos de miles de años de interacciones fisiológicas, emocionales, sociales y ambientales. Nuestro historial en la preservación de interacciones sutilmente equilibradas no resulta espectacular. Basta pensar en los conejos en Australia. Introducidos en 1859 para la caza en una propiedad, en diez años esos veinticuatro conejos se habían multiplicado hasta tal punto que se podían cazar o atrapar dos millones de ejemplares al año sin que se notase el menor efecto en la población. Los conejos han contribuido a la desaparición de una octava parte de todas las especies de mamíferos en Australia, y de un número desconocido de especies vegetales. También mascan la vegetación por doquier, hasta el extremo de que la desaparición de ésta ha contribuido a un nivel de erosión descomunal. Todo esto por tener algo que cazar en la finca. Y nadie se imagina la cantidad de dinero que se ha invertido para tratar de resolver el problema de esos conejos.

Pero, al parecer, no tuvimos bastante con lo de los conejos para aprender la lección. Otra idea supuestamente buena que resultó no serlo fueron los cien

sapos gigantes que se introdujeron en Australia en 1935, porque se creía que ayudarían a controlar la población de escarabajos en las plantaciones de caña de azúcar de América central y del sur. Hoy hay más de cien millones por toda Nueva Gales del Sur y el territorio del norte. No son nada queridos. Chillones y feos, con un apetito voraz y llenos de bilis venenosa en los conductos, comen mucho más que sólo escarabajos. Y también han tenido un efecto desastroso en la fauna indígena australiana. O considérese el ejemplo de la mangosta de la India, introducida en Hawái para controlar las ratas que habían llegado allí como polizontes. No sólo no controlaron las ratas, sino que acabaron con todas las aves de corral autóctonas. Por no hablar de la reciente introducción de mejillones cebra, nativos de los mares Negro, Caspio y de Azov, que a mediados de la década de los ochenta del siglo pasado acabaron en los Grandes Lagos, acompañando a las aguas de lastre de barcos procedentes de Europa. Hoy son una de las especies invasoras más dañinas que afectan a Estados Unidos: se han encontrado ejemplares hasta en Luisiana y en Washington.* Los mejillones cebra han alterado los ecosistemas de los Grandes Lagos, reduciendo el fitoplancton, la base de la cadena alimentaria local. Tienen otros impactos económicos negativos, como ciertos daños en el casco de los barcos, en los muelles y otras estructuras, y atascos en las tuberías de extracción de agua y las zanjas de riego. ¿Es preciso continuar? Estos sistemas de equilibrio delicado eran, además, visibles.

¿Qué va a resultar de toda esta investigación en genética? En nuestros exuberantes sueños de tecnología futura, nos vemos como seres tan inteligentes que podremos resolver la totalidad de los problemas mundiales, erradicar las enfermedades y vivir durante cientos de años. Pero las cosas que hoy consideramos problemas, ¿lo son realmente, o son soluciones a problemas mayores que no tenemos en cuenta? Si el ciervo tuviese la capacidad de enumerar algunos de los problemas a los que se enfrenta, probablemente nos diría: «Estoy angustiado todo el tiempo, siempre pienso que hay un puma acechándome. No he podido dormir de un tirón ni una sola noche. Si pudiese hacer que estos malditos pumas se hiciesen vegetarianos, la mitad de mis problemas se resolverían». Ya sabemos lo que ocurre cuando las poblaciones de pumas se reducen: habría en los bosques superpoblación de ciervos, que destruirían la vegetación, lo que causaría una mayor erosión... y así sucesivamente. Los problemas del individuo pueden ser soluciones si pensamos en la situación global. ¿No querrían los activistas en pro de los derechos de los animales manipular los geno-

* Es decir, a unos mil quinientos kilómetros al sur y tres mil doscientos dirección oeste, respectivamente. *(N. del t.)*

mas de los carnívoros para convertirlos en herbívoros? ¿Si piensan que está mal que los seres humanos maten y se coman un ciervo, qué hay de los pumas?

Un perfeccionamiento genético supondrá, con toda certeza, la modificación de rasgos de la personalidad de los individuos. La eliminación total en la población de aquellos rasgos que podrían considerarse indeseables tal vez desembocaría en un desastre imprevisto. Richard Wrangham piensa que el orgullo es la causa de muchos de los problemas de la sociedad. Pero quizás el orgullo es lo que nos impulsa a hacer bien un trabajo. Puede que erradicar del genoma la capacidad para el orgullo tuviera como consecuencia que la gente no se preocupase por la calidad de su trabajo y que oyéramos aún más, si es eso posible, la expresión «¡Da igual!». La ansiedad es a menudo citada como otro rasgo indeseable. Tal vez el mundo estaría mejor sin los ansiosos, pero tal vez no. Tal vez los ansiosos sirvan para alertarnos de posibles peligros antes de que sea tarde.* Así que, ¿quién va a definir qué es deseable y qué no lo es? ¿Serán padres bienintencionados, bajo el supuesto de que un hijo perfectamente diseñado tendrá una vida perfecta? ¿Será el resultado una nueva versión del juego de la ruleta rusa al que estamos jugando desde hace tiempo?

## CONCLUSIÓN

Pertenecer a la especie humana es interesante, de eso no hay duda, y parece que cada vez lo es más. En un frenesí enloquecido por utilizar nuestras capacidades exclusivamente humanas, como nuestros pulgares arqueados y oponibles, que nos permiten movimientos ajustados con gran precisión, o nuestra capacidad de preguntarnos por fenómenos de causa y efecto imperceptibles, razonar sobre ellos y explicarlos mediante el lenguaje, el pensamiento abstracto, la imaginación, la autoestimulación, la planificación, la reciprocidad, la matemática combinatoria, etcétera, la ciencia está empezando a construir un modelo de lo que sucede en nuestro cerebro y en el de otras especies. En nuestro recorrido por los intentos de crear robots inteligentes por parte de diversos investigadores, nos han salido al encuentro unas cuantas capacidades exclusivamente humanas. Una de ellas es el bucle del ensayo de Merlin Donald, y

* El original inglés habla de los ansiosos como los «canarios del mundo», en alusión al hecho de que antaño los mineros llevaban consigo canarios a las minas, por su alta sensibilidad al metano y al monóxido de carbono. Cuando el canario empezaba a agonizar, los mineros sabían de la presencia de estos gases antes de que alcanzaran un nivel perjudicial para los humanos. *(N. del t.)*

otra es su sugerencia de que los seres humanos son los únicos animales que pueden estimularse a sí mismos. También hemos descubierto que cada especie tiene unas facultades somatosensoriales y motoras específicas que determinan su manera exclusiva de percibir el mundo y de moverse en él.

En parte, la motivación que subyace a esta investigación es la pura curiosidad, que no es una característica únicamente humana; en parte es el deseo de contribuir a aliviar el sufrimiento causado por lesiones o enfermedades, motivado por la empatía y la compasión, emociones que es razonable pensar que son exclusivamente humanas; y en parte se trata del ansia de mejorar la condición humana en general, objetivo indudablemente exclusivo de los seres humanos. Parte de la investigación está guiada por un deseo que compartimos con otros animales, el de tener una descendencia saludable y apta. Falta por ver si nuestros deseos nos empujarán a manipular nuestros cromosomas hasta el punto de que, tras pasarnos a la silicona, ya no seremos *Homo sapiens*. Quizás en el futuro se nos conocerá entonces como *Homo entrometidus*.

# EPÍLOGO

*Ésta es mi simple religión. No hay necesidad de templos; no hay necesidad de complicadas filosofías. Nuestro propio cerebro, nuestro propio corazón, es nuestro templo; nuestra filosofía es la bondad.*

TENZIN GYATSO, decimocuarto Dalái Lama

*Mientras nuestro cerebro sea un arcano, el Universo, reflejo de su estructura, será también un misterio.*

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL, médico y premio Nobel español

Mucho antes de empezar este libro, cuando trataba de ganarme la vida dando clases en la universidad, planteé esta cuestión a varios miembros de mi familia y amigos míos: «¿En qué cosas crees que somos únicos los seres humanos?». Hace años, adopté una versión más formal de esta táctica. Escribí a muchos de los pensadores más destacados de Estados Unidos y les pedí que, tomando en consideración sus decisiones cotidianas sobre cuestiones prácticas, me dijesen cuál era su teoría sobre la naturaleza humana. Lo hice como parte de los preparativos para mi libro *El cerebro social*. Fue un ejercicio fascinante y resultó productivo. ¿Por qué no intentarlo de nuevo entonces, esta vez con amigos y familiares de ambos sexos y de todas las edades?

Como es natural, incluso pensé que, de hecho, podía empezar el libro con sus sugerencias, y comprobar si estaban justificadas o bien revelar sus puntos flacos. La mayoría de las personas me dijeron que lo pensarían y que me responderían más adelante. He guardado las pocas respuestas recibidas. No las he vuelto a mirar hasta ahora, al preguntarme hasta qué punto se corresponden con las diferentes ideas y hechos que acabo de exponer.

Al parecer, aunque las respuestas fueron pocas, proporcionan una visión de conjunto bastante buena. Y aunque no fueron escritas en la misma jerga, de un modo u otro identifican varias de nuestras capacidades únicas. La identificación de las emociones morales de culpa y vergüenza fue cosa de un terapeuta. Un maestro sugirió que los seres humanos somos los únicos animales que adiestran activamente a sus crías. Un contable mencionó las capacidades matemáticas, y un niño de 5 años me dijo que «los animales no hacen fiestas de aniversario por sí mismos, tienes que hacerles la fiesta tú». Una adolescente, recién salida del instituto, dijo que los otros animales no pasan hambre por su propia voluntad sometiéndose a dieta, no se visten a la moda y no se hacen reducciones de estómago. Otras capacidades únicas mencionadas fueron que los seres humanos podemos recordar voluntariamente una cantidad enorme de información almacenada, podemos interpretar y componer música, tenemos lenguaje y religión, creemos en la vida después de la muerte, practicamos deportes de equipo y sentimos repugnancia ante las heces.

También había algunas personas que no se mostraban nada encantadas con los seres humanos. Algunos decían que los seres humanos no éramos únicos. La respuesta de un especialista en obstetricia fue la siguiente: «Pienso que, en lo esencial, los seres humanos no somos distintos de los animales. Todos tenemos los instintos animales de expandir nuestro territorio de caza, controlar los recursos y diseminar nuestro ADN. La necesidad de formular la pregunta nos distingue, pero la realidad de nuestra conducta no es muy distinta de la del resto de los animales». O la de una ornitóloga que había tenido un mal día: «Los seres humanos son tan egoístas que sólo se preocupan por sí mismos, se aprovechan de los demás seres humanos, de los otros animales y de las tierras en las que viven para conseguir lo que creen que les beneficia, sin tener en cuenta en qué afecta su conducta a los demás seres vivos, plantas y animales». Por supuesto, esto describe también a todos los animales a los que ella ama. Un halcón no se preocupa de la familia del ratón cuando se lanza sobre él para comérselo. Un castor no se preocupa de los efectos de la presa que está construyendo en el riachuelo.

También recibí algunas sugerencias que sonaban prometedoras, pero luego resultaron ir un poco desencaminadas. Un antropólogo sugirió que los seres humanos éramos los únicos animales que tenían el tabú del incesto. Como hemos visto, sin embargo, los chimpancés tienen algo parecido, lo cual también me sorprendió a mí. Un biólogo marino sugirió que los seres humanos eran los únicos animales que podían cambiar la selección natural. No he examinado aquí la teoría de la construcción del nicho, según la cual en realidad los animales originan en su nicho cambios que influyen en la selección natural.

Aun así, los seres humanos somos los únicos animales que manipulamos conscientemente nuestro ADN por medio de la tecnología. En esta misma línea, otra observación apuntaba a que los seres humanos nos hemos valido de la tecnología para separar el sexo de la reproducción.

Como es obvio, la gente abordaba la cuestión partiendo de su propia perspectiva, el trabajo que desempeñaba y sus intereses personales. Supongo que debería haber preguntado a un chef, porque nadie mencionó el hecho de cocinar. Resulta interesante que nadie planteara la cuestión básica de si los animales comprendían que otros individuos tienen pensamientos, creencias y deseos, o si pensaban en sus propios pensamientos. Nadie se preguntaba si la conciencia de otros animales es distinta de la nuestra, lo cual es indicativo de lo antropomórfico que es nuestro punto de vista como seres humanos, por el que concedemos graciosamente una teoría de la mente a los otros animales. Además, nadie mencionó que sólo los seres los humanos somos capaces de tener pensamientos abstractos, de imaginar o de pensar en fuerzas y en causas y efectos imperceptibles, razonar sobre ellos y explicarlos. Ni tampoco nadie sugirió que somos el único animal que puede distinguir la realidad de la ficción, usar información de veracidad contingente, viajar en el tiempo con la imaginación o dar muestras de tener memoria episódica. Y nadie reparó en el hecho de que somos el único animal que puede demorar la gratificación, inhibiendo sus impulsos en el tiempo. No es sorprendente que nadie mencionara que somos el único animal capaz de ajustar la frecuencia de un acontecimiento del que conocemos las probabilidades. Lo que resultó bastante irritante, sin embargo, fue descubrir que nadie de mi familia mencionase el intérprete del hemisferio izquierdo. ¿En qué estarían pensando?

En el árbol evolutivo, los seres humanos estamos situados en lo alto de nuestra solitaria rama. Los chimpancés tienen la suya propia, con los bonobos brotando de ella, y hay un antepasado común que nos une a ambos. Tenemos las mismas raíces que todos los organismos vivos. De ahí que aquellos que no ven mucha diferencia entre seres humanos y animales tengan una base sólida. Todas estas similitudes están ahí. Nuestros procesos celulares dependen de la misma biología, y estamos sujetos a las mismas propiedades de la física y la química. Todos somos criaturas basadas en el carbono. Y, aun así cada especie es única, y nosotros también lo somos. Cada especie responde al problema de la supervivencia con una solución diferente, ocupando un nicho distinto.

Otro comentario que recibí fue que los seres humanos no tenemos ningún mecanismo de defensa incorporado, como colmillos o garras. Podemos pegar duro con los puños, pero también tenemos, como le gusta señalar al inspector Poirot, esas pequeñas células grises. Los *Homo sapiens* hemos construido un

nicho cognitivo. Nos ha ido de maravilla sin garras ni colmillos. Sin los cambios en nuestra estructura física, no podríamos haber desarrollado las capacidades que poseemos. Teníamos que liberar nuestras manos, desarrollar pulgares totalmente oponibles, una laringe, y experimentar los demás cambios en nuestro cuerpo para poder adquirir muchas de nuestras capacidades únicas. Pero además de los puramente físicos hubo otros cambios.

Como hemos visto, tenemos un cerebro físicamente grande, pero aquí no acaba todo. Los neandertales tenían un cerebro mayor que el nuestro, pero no desarrollaron los mismos artefactos avanzados que el *Homo sapiens*, ese arrogante recién llegado. ¿Sabremos alguna vez lo que ocurrió y cómo tuvo lugar el relevo? Esta cuestión intriga a paleontólogos como Ian Tattersall. Ian sólo quiere saber: una curiosidad que no es correspondida. Muchos intentan definir nuestro carácter único en términos de cantidad y no de calidad. ¿Formamos parte de un continuo, como creía Darwin, o hubo un gran salto? Estudiando nuestros parientes vivos más cercanos, los chimpancés, hemos descubierto que nuestro cerebro difiere del suyo tanto en cantidad como en calidad. Tenemos un cerebro mayor, y algunas de sus partes son diferentes de las de los chimpancés. Pero me parece que la diferencia crucial es que no estamos cableados del mismo modo. En nuestro cerebro todo está encajado e interconectado. Se han formado bucles de realimentación que permiten la reflexión y la inhibición, y que quizá son la base de nuestras conciencia y autoconciencia. El cuerpo calloso nos permite tener mayor ingenio por centímetro cúbico de cerebro, al eliminar la redundancia y hacer posible que los hemisferios se especialicen y aumenten su eficiencia. La especialización parece haberse disparado, creando varios circuitos modulares. Nuestros sistemas de neuronas espejo parecen estar en todo, proporcionándonos capacidades imitativas que podrían estar en la base de nuestras habilidades sociales, nuestra capacidad de aprendizaje, nuestra empatía y tal vez nuestra capacidad lingüística. Y aún seguimos desentrañando la historia de estas conexiones.

De hecho, los seres humanos están empezando a comprender sus capacidades. Es dudoso que tengamos la capacidad cerebral necesaria para asimilar toda la información que se está reuniendo. Quizá tengan razón aquellas personas que los consideran sólo ligeramente distintos del resto de los animales. Al igual que los otros animales, estamos limitados por nuestra biología. Tal vez no tengamos la capacidad de ser mucho mejores de lo que esas personas piensan en sus peores evaluaciones. Pero nuestra capacidad de desear o imaginar que podemos ser mejores es notable. Ninguna otra especie aspira a ser más de lo que es. Quizá nosotros podamos serlo. De acuerdo, quizá seamos sólo ligeramente distintos, pero algunos bloques de hielo están sólo un grado más fríos

que el agua en estado líquido. El hielo y el agua están constreñidos por su composición química, pero son muy diferentes debido a un cambio de fase. Mi hermano concluía su lista de diferencias diciendo: «Los seres humanos nos sentamos ante un ordenador e intentamos averiguar cuál es el sentido de la vida. Los animales la viven. La cuestión es ¿quién se lo pasa mejor, el ser humano o el animal?».

¡Ya basta! Me voy a cuidar de mis viñas. Mis uvas pinot pronto producirán un buen vino. ¡Estoy loco de contento de no ser un chimpancé!

# NOTAS

## CAPÍTULO 1: ¿SON ÚNICOS LOS CEREBROS HUMANOS?

1. T. M. Preuss, «The discovery of cerebral diversity: An unwelcome scientific revolution», en D. Falk y K. Gibson, comps., *Evolutionary Anatomy of the Primate Cerebral Cortex*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001, págs. 138-164.

2. C. Darwin, *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, Londres, John Murray, 1871 (ed. facsímil, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1981), en Preuss (2001), (trad. cast.: *El origen del hombre y de la selección en relación al sexo*, Madrid, Edaf, 1982).

3. T. H. Huxley, *Evidence as to Man's Place in Nature*, Londres, Williams and Morgate, 1863 (reed. en 1959, Ann Arbor, University of Michigan Press), en Preuss (2001).

4. R. L., Jr. Holloway, «Cranial capacity and neuron number: A critique and proposal», *American Journal of Anthropology*, nº 25, 1966, págs. 305-314.

5. T. M. Preuss, «Who's afraid of *Homo sapiens*?», *Journal of Biomedical Discovery and Collaboration*, nº 1, 2006, <www.j-biomed-discovery.com/content/1/1/17>.

6. G. F. Striedter, *Principles of Brain Evolution*, Sunderland, MA, Sinauer Associates, 2005.

7. H. J. Jerrison, *Brain Size and the Evolution of Mind*, Nueva York, Academic Press, 1991.

8. G. Roth, «Is the human brain unique?», en M. I. Stamenov y V. Gallese, comps., *Mirror Neurons and the Evolution of Brain and Language*, Filadelfia, John Benjamin, 2002, págs. 64-76.

9. R. G. Klein, *The Human Career*, Chicago, Chicago University Press, 1999.

10. J. Simek, «Neanderthal cognition and the Middle to Upper Paleolithic Transition», en G. Brauer y G. H. Smith, comps., *Continuity or Replacement? Controversies in* Homo sapiens *Evolution*, Rotterdam, Balkema, 1992, págs. 231-235.

11. Y. Smirnov, «Intentional human burial: Middle Paleolithic (last glaciation) beginnings», *Journal of World Prehistory*, nº 3, 1989, págs. 199-233.

12. T. W. Deacon, *The Symbolic Species*, Londres, Penguin, 1997.

13. I. Gilead, «The Upper Paleolithic period in the Levant», *Journal of World Prehistory*, nº 5, 1991, págs. 105-154.

14. J. J. Hublin y S. E.Bailey, «Revisiting the last Neanderthals», en N. J. Conard, comp., *When Neanderthals and Modern Humans Met*, Tubinga, Kerns Verlag, 2006, págs. 105-128.

15. S. Dorus, E. J. Vallender, P. D. Evans, J. R. Anderson, S. L. Gilbert, M. Mahowald, G. J. Wyckoff, C. M. Malcom y B. T. Lahn, «Accelerated evolution of nervous system genes in the origin of *Homo sapiens*», *Cell*, nº 119, 2004, págs. 1.027-1.040.

16. A. P. Jackson, H. Eastwood, S. M. Bell, J. Adu, C. Toomes, I. M. Carr, E. Roberts y otros, «Identification of microcephalin, a protein implicated in determining the size of the human brain», *American Journal of Human Genetics*, nº 71, 2002, págs. 136-142.

17. J. Bond, E. Roberts, G. H. Mochida, D. J. Hampshire, S. Scott, J. M. Askham, K. Springell y otros, «ASPM is a major determinant of cerebral cortical size», *Nature Genetics*, n º32, 2002, págs. 316-320.

18. C. Ponting y A. Jackson, «Evolution of primary microcephaly genes and the enlargement of primate brains», *Current Opinion in Genetics & Development*, nº 15, 2005, págs. 241-248.

19. P. D. Evans, J. R. Anderson, E. J. Vallender, S. S. Choi y B. T. Lahn, «Reconstructing the evolutionary history of microcephalin, a gene controlling human brain size», *Human Molecular Genetics*, nº 13, 2004, págs. 1.139-1.145.

20. P. D. Evans, J. R. Anderson, E. J. Vallender, S. L. Gilbert, C. M. Malcom, S. Dorus y B. T. Lahn, «Adaptive evolution of ASPM, a major determinant of cerebral cortical size in humans», *Human Molecular Genetics*, nº 13, 2004, págs. 489-494.

21. P. D. Evans, S. L. Gilbert, N. Mekel-Bobrov, E. J. Ballender, J. R. Anderson, L. M. Baez-Azizi, S. A. Tishkoff, R. R. Hudson y B. T. Lahn, «Microcephalin, a gene regulating brain size, continues to evolve adaptively in humans», *Science*, nº 309, 2005, págs. 1.717-1.720.

22. N. Mekel-Bobrov, S. L. Gilbert, P. D. Evans, E. J. Ballender, J. R. Anderson, R. R. Hudson, S. A. Tishkoff y B. T. Lahn, «Ongoing adaptive evolution of ASPM, a brain size determinant in *Homo sapiens*», *Science*, nº 309, 2005, págs. 1.720-1.722.

23. B. T. Lahn, <www.hhmi.org/news/lahn4.html>.

24. T. W. Deacon, «Rethinking mammalian brain evolution», *American Zoology*, nº 30, 1990, págs. 629-705.

25. K. Semendeferi, A. Lu, N. Schenker y H. Damasio, «Humans and great apes share a large frontal cortex», *Nature Neuroscience*, nº 5, 2002, págs. 272-276.

26. K. Semendeferi, H. Damasio, R. Frank y G. W. Van Hoesen, «The evolution of the frontal lobes: A volumetric analysis based on three-dimensional reconstructions of magnetic resonance scans of human and ape brains», *Journal of Human Evolution*, nº 32, 1997, págs. 375-388.

27. K. Semendeferi, E. Armstrong, A. Schleicher, K. Zilles y G. W. Van Hoesen, «Prefrontal cortex in humans and apes: A comparative study of area 10», *American Journal of Physical Anthropology*, nº 114, 2001, págs. 224-241.

28. P. T. Schoenemann, M. J. Sheehan y L. D. Glotzer, «Prefrontal white matter volume is disproportionately larger in humans than in other primates», *Nature Neuroscience*, nº 8, 2005, págs. 242-252.

29. A. Damasio, *Descartes' Error*, Nueva York, Putnam, 1994, (trad. cast.: *El error de Descartes*, Barcelona, Crítica, 2006).

30. S. H. Johnson-Frey, «What's so special about human tool use?», *Neuron*, nº 39, 2003, págs. 201-204.

31. S. H. Johnson-Frey, «Cortical mechanisms of tool use», en S. H. Johnson-Frey, comp., *Taking Action: Cognitive Neuroscience Perspectives on the Problem of Intentional Movements*, Cambridge, MA, MIT Press, 2003, págs. 185-217.

32. S. H. Johnson-Frey, R. Newman-Morland y S. T. Grafton, «A distributed left hemisphere network active during planning of everyday tool use skills», *Cerebral Cortex*, nº 15, 2005, págs. 681-695.

33. D. P. Buxhoeveden, A. E. Switala, E. Roy, M. Litaker y M. F. Casanova, «Morphological differences between minicolumns in human and nonhuman primate cortex», *American Journal of Physical Anthropology*, nº 115, 2001, págs. 361-371.

34. M. F. Casanova, D. Buxhoeveden y G. S. Soha, «Brain development and evolution», en M. Ernst y J. M. Rumse, comps., *Functional Neuroimaging in Child Psychiatry*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000, págs. 113-136.

35. G. J. Goodhill y M. A. Carreira-Perpinan, «Cortical columns», en *Encyclopedia of Cognitive Science*, Basingstoke, UK, Macmillan, 2002.

36. J. A. Marcus, *Radial Neuron Number and Mammalian Brain Evolution: Reassessing the Neocortical Uniformity Hypothesis*, Tesis doctoral, Boston, Departamento de Antropología, Universidad de Harvard, 2003.

37. V. B. Mountcastle, «Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex», *Journal of Neurophysiology*, nº 20, 1957, págs. 408-434.

38. D. P. Buxhoeveden y M. F. Casanova, «The minicolumn hypothesis in neuroscience», *Brain*, nº 125, 2002, págs. 935-951.

39. E. G. Jones, «Microcolumns in the cerebral cortex», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 97, 2000, págs. 5.019-5.021.

40. V. B. Mountcastle, «The columnar organization of the neocortex», *Brain*, nº 120, 1997, págs. 701-722.

41. P. Barone y H. Kennedy, «Non-uniformity of neocortex: Areal hetereogeneity of NADPH-diaphorase reactive neurons in adult macaque monkeys», *Cerebral Cortex*, nº 10, 2000, págs. 160-174.

42. C. Beaulieu, «Numerical data on neocortical neurons in adult rat, with special reference to the GABA population», *Brain Research*, nº 609, 1993, págs. 284-292.

43. G. N. Elston, «Cortex, cognition and the cell: New insights into the pyramidal neuron and prefrontal function», *Cerebral Cortex*, nº 13, 2003, págs. 1.124-1.138.

44. T. Preuss, «Preface: From basic uniformity to diversity in cortical organization», *Brain Behavior and Evolution*, nº 55, 2000, págs. 283-286.

45. T. Preuss, «Taking the measure of diversity: Comparative alternatives to the model-animal paradigm in cortical neuroscience». *Brain Behavior and Evolution*, nº 55, 2000, págs. 287-299.

46. M. Marin-Padilla, «Ontogenesis of the pyramidal cell of the mammalian neocortex and developmental cytoarchitectonics: A unifying theory», *Journal of Comparative Neurology*, nº 321, 1992, págs. 223-240.

47. V. S. J. Caviness, T. Takahashi y R. S. Nowakowski, «Numbers, time and neocortical neurogenesis: A general developmental and evolutionary model», *Trends in Neuroscience*, nº 18, 1995, págs. 379-383.

48. J. M. Fuster, «Neurobiology of cortical networks», en *Cortex and Mind*, Nueva York, Oxford University Press, 2003, págs. 17-53.

49. E. G. Jones, «Anatomy of cerebral cortex: Columnar input-output organization», en F. O. Schmitt, F. G. Worden, G. Adelman y S. G. Dennis, comps., *The Organization of the Cerebral Cortex*, Cambridge, MA, MIT Press, 1981, págs. 199-235.

50. J. J. Hutsler y R. A. W. Galuske, «Hemispheric asymmetries in cerebral cortical networks», *Trends in Neuroscience*, nº 26, 2003, págs. 429-435.

51. S. Ramón y Cajal, «The cerebral cortex», en *New Ideas on the Structure of the Nervous System in Man and Vertebrates*, Cambridge, MA, MIT Press, 1990, págs. 35-72, (original en castellano: *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, Madrid, Nicolás de Moya, 1899-1905).

52. G. N. Elston y M. G. P. Rosa, «Pyramidal cells, patches and cortical columns: A comparative study of infragranular neurons in TEO, TE, and the superior temporal polysensory area of the macaque monkey», *Journal of Neuroscience*, nº 20, 2000, RC117, págs. 1-5.

53. J. J. Hutsler, D.-G Lee y K. K. Porter, «Comparative analysis of cortical layering and supragranular layer enlargement in rodent, carnivore, and primate species», *Brain Research*, nº 1.052, 2005, págs. 71-81.

54. V. S. J. Caviness, T. Takahashi y R. S. Nowakowski, «Numbers, time and neocortical neurogenesis: A general developmental and evolutionary model», *Trends in Neuroscience*, nº 18, 1995, págs. 379-383.

55. J. J. Hutsler, D.-G Lee y K. K. Porter, «Comparative analysis of cortical layering and supragranular layer enlargement in rodent, carnivore, and primate species», *Brain Research*, nº 1.052, 2005, págs. 71-81.

56. R. B. Darlington, S. A. Dunlop y B. L. Finlay, «Neural development in metatherian and eutherian mammals: Variation and constraint», *Journal of Comparative Neurology*, nº 411, 1999, págs. 359-368.

57. B. L. Finlay y R. B. Darlington, «Linked regularities in the development and evolution of mammalian brains», *Science*, nº 268, 1995, págs. 1.578-1.584.

58. P. Rakic, «Developmental events leading to laminar and areal organization of the neocortex», en F. O. Schmitt, F. G. Worden, G. Adelman y S. G. Dennis, comps.,

*The Organization of the Cerebral Cortex*, Cambridge, MA, MIT Press, 1981, págs. 7-28.

59. P. Rakic, «Specification of cerebral cortical areas», *Science*, nº 241, 1988, págs. 170-176.

60. J. L. Ringo, R. W. Doty, S. Demeter y P. Y. Simard, «Time is of the essence: A conjecture that hemispheric specialization arises from interhemispheric conduction delay», *Cerebral Cortex*, nº 4, 1994, págs. 331-334.

61. C. R. Hamilton y B. A. Vermeire, «Complementary hemisphere specialization in monkeys», *Science*, nº 242, 1988, págs. 1.691-1.694.

62. C. Cherniak, «Component placement optimization in the brain», *Journal of Neuroscience*, nº 14, 1994, págs. 2.418-2.427.

63. J. M. Allman, «Evolving brains», *Scientific American Library Series*, nº 68, Nueva York, Scientific American Library, 1999.

64. M. Hauser y S. Carey, «Building a cognitive creature from a set of primitives. Evolutionary and developmental insights», en D. Cummins y C. Allen, comps., *The Evolution of the Mind*, Nueva York, Oxford University Press, 1998, págs. 51-106.

65. M. G. Funnell y M. S. Gazzaniga, «Right hemisphere deficits in reasoning processes», *Cognitive Neuroscience Society Abstracts Supplements*, nº 12, 2000, pág. 110.

66. J. K. Rilling y T. R. Insel, «Differential expansion of neural projection systems in primate brain evolution», *NeuroReport*, nº 10, 1999, págs. 1.453-1.459.

67. G. Rizzolatti, L. Fadiga, V. Gallese y L. Fogassi, «Premotor cortex and the recognition of motor actions», *Cognitive Brain Research*, nº 3, 1996, págs. 131-141.

68. G. Rizzolatti, «Mirror neurons», en M. S. Gazzaniga y J. S. Altman, comps., *Brain and Mind: Evolutionary Perspectives*, Informe del seminario HFSP, Estrasburgo, Human Frontier Science Program, 1998, págs. 102-110.

69. S. Baron-Cohen, *Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind*. Cambridge, MA, MIT Press, 1995.

70. H. Watanabe y otros, «DNA sequence and comparative analysis of chimpanzee chromosome 22», *Nature*, nº 429, 2004, págs. 382-388.

71. F. Vargha-Khadem y otros, «Praxic and nonverbal cognitive deficits in a large family with a genetically transmitted speech and language disorder», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 92, 1995, págs. 930-933.

72. S. E. Fisher y otros, «Localization of a gene implicated in a severe speech and language disorder», *Nature Genetics*, nº 18, 1998, págs. 168-170.

73. C. S. Lai y otros, «A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder», *Nature*, nº 413, 2001, págs. 519-523.

74. W. Shu y otros, «Characterization of a new subfamily of winged-helix/forkhead (Fox) genes that are expressed in the lung and act as transcriptional repressors», *Journal of Biological Chemistry*, nº 276, 2001, págs. 27.488-27.497.

75. W. Enard y otros, «Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language», *Nature*, nº 418, 2002, págs. 869-872.

76. S. E. Fisher, «Dissection of molecular mechanisms underlying speech and language disorders», *Applied Psycholinguistics*, nº 26, 2005, págs. 111-128.

77. M. Caceres y otros, «Elevated gene expression levels distinguish human from non-human primate brains», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 100, 2003 págs. 13.030-13.035.

78. I. Bystron, P. Rakic, Z. Molnár y C. Blakemore, «The first neurons of the human cerebral cortex», *Nature Neuroscience*, nº 9, 2006, págs. 880-886.

## CAPÍTULO 2: ¿SERÍA DIVERTIDO SALIR CON UN CHIMPANCÉ?

1. E. P. Evans, *The Criminal Prosecution and Capital Punishment of Animals*, Nueva York, E. P. Dutton, 1906.

2. Consorcio Internacional para la Secuenciación del Genoma Humano, «Initial sequencing and analysis of the human genome», *Nature*, nº 409, 2001, págs. 860-921; Erratas, nº 411, pág. 720 y nº 412, pág. 565.

3. J. C. Venter y otros, «The sequence of the human genome», *Science*, nº 291, 2001, págs. 1.304-1.351; Errata, nº 292, pág. 1.838.

4. H. Watanabe y otros, «DNA sequence and comparative analysis of chimpanzee chromosome 22», *Nature*, nº 429, 2004, págs. 382-438.

5. R. Provine, «Laughing, tickling, and the evolution of speech and self», *Current Directions in Psychological Science*, nº 13, 2004, págs. 215-218.

6. F. M. Benes, «Brain Development, VII: Human brain growth spans decades», *Americal Journal of Psychiatry*, nº 155, 1998, pág. 1.489.

7. Wikipedia.

8. H. Markl, «Manipulation, modulation, information, cognition: Some of the riddles of communication», en B. Holldobler y M. Lindauer, comps., *Experimental Behavioral Ecology and Sociobiology*, Sunderland, MA, Sinauer Associates, 1985, págs. 163-194.

9. D. J. Povinelli, «Behind the ape's appearance: Escaping anthropocentrism in the study of other minds», *Daedalus: The Journal of the American Academy of Arts and Sciences*, nº 133, invierno de 2004.

10. D. J. Povinelli y J. M. Bering, «The mentality of apes revisited», *Current Directions in Psychological Science*, nº 11, 2002, págs. 115-119.

11. J. Holmes, *The Farmer's Dog*, Londres, Popular Dogs, 1978.

12. A. M. Leslie, «Pretense and representation: The origins of "theory of mind"», *Psychological Review*, nº 94, 1987, págs. 412-426.

13. P. Bloom y T. German, «Two reasons to abandon the false belief task as a test of theory of mind», *Cognition*, nº 77, 2000, págs. B25-B31.

14. S. Baron-Cohen, *Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind*. Cambridge, MA, MIT Press, 1995.

15. S. Baron-Cohen, A. M. Leslie y U. Frith, «Does the autistic child have a theory of mind?», *Cognition*, nº 21, 1985, págs. 37-46.

16. C. M. Heyes, «Theory of mind in nonhuman primates», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 21, 1998, págs. 101-134.

17. D. J. Povinelli y J. Vonk, «We don't need a microscope to explore the chimpanzee's mind», *Mind & Language*, nº 19, 2004, págs. 1-28.

18. M. Tomasello, J. Call y B. Hare, «Chimpanzees versus humans: It's not that simple», *Trends in Cognitive Science*, n º 7, 2003, págs. 239-240.

19. A. White y R. Byrne, «Tactical deception in primates», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 11, 1988, págs. 233-244.

20. B. Hare, J. Call, B. Agnetta y M. Tomasello, «Chimpanzees know what conspecifics do and do not see», *Animal Behaviour*, nº 59, 2000, págs. 771-785.

21. J. Call y M. Tomasello, «Distinguishing intentional from accidental actions in orangutans (*Pongo pygmaeus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and human children (*Homo sapiens*)», *Journal of Comparative Psychology*, nº 112, 1998, págs. 192-206.

22. B. Hare y M. Tomasello, «Chimpanzees are more skilful in competitive than in cooperative cognitive tasks», *Animal Behaviour*, nº 68, 2004, págs. 571-581.

23. A. Melis, B. Hare y M. Tomasello, «Chimpanzees recruit the best collaborators», *Science*, nº 313, 2006, págs. 1.297-1.300.

24. P. Bloom y T. German, «Two reasons to abandon the false belief task as a test of theory of mind», *Cognition*, nº 77, 2000, págs. B25-B31.

25. J. Call y M. Tomasello, «A nonverbal false belief task: The performance of children and great apes», *Child Development*, nº 70, 1999, págs. 381-395.

26. K. H. Onishi y R. Baillargeon, «Do 15-month-old infants understand false beliefs?», *Science*, nº 308, 2005, págs. 255-258.

27. H. M. Wellman, D. Cross y J. Watson, «Meta-analysis of theory of mind development: The truth about false-belief», *Child Development*, nº 72, 2001, págs. 655-684.

28. A. Gopnik, «How we know our minds: The illusion of first-person knowledge of intentionality», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 16, 1993, págs. 1-14.

29. A. M. Leslie, O. Friedman y T. P. German, «Core mechanisms in "Theory of mind"», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 8, 2004, págs. 528-533.

30. A. M. Leslie, T. P. German y P. Polizzi, «Belief-desire reasoning as a process of selection», *Cognitive Psychology*, nº 50, 2005, págs. 45-85.

31. T. P. German y A. M. Leslie, «Children inferences from "knowing" to "pretending" and "believing"», *British Journal of Developmental Psychology*, nº 19, 2001, págs. 59-83.

32. T. P. German y A. M. Leslie, «No (social) construction without (meta) representation: Modular mechanisms as the basis for the acquisition of an understanding of mind», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 27, 2004, págs. 106-107.

33. M. Tomasello, J. Call y B. Hare, «Chimpanzees understand psychological states: The question is which ones and to what extent», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 7, 2003, págs. 154-156.

34. D. J. Povinelli, J. M. Bering y S. Giambrone, «Toward a science of other minds: Escaping the argument by analogy», *Cognitive Science*, nº 24, 2000, págs. 509-541.

35. N. Mulcahy y J. Call, «Apes save tools for future use», *Science*, nº 312, 2006, págs. 1.038-1.040.

36. S. R. Anderson, «A telling difference», *Natural History*, nº 113, noviembre de 2004, págs. 38-43.

37. N. Chomsky, «Human language and other semiotic systems», en T. A. Sebeokand y J. Umiker-Sebeok, comps., *Speaking of Apes: A Critical Anthology of Two-Way Communication with Man*, Nueva York, Plenum Press, 1980, págs. 429-440.

38. S. Savage-Rumbaugh y R. Lewin, *Kanzi: The Ape at the Brink of the Human Mind*, Nueva York, Wiley, 1994.

39. S. Savage-Rumbaugh, M. A. Romski, W. D. Hopkins y R. A. Sevcik, «Symbol acquisition and use by *Pan troglodytes*, *Pan paniscus*, and *Homo sapiens*», en P. G. Heltne y L. A. Marquandt, comps., *Understanding Chimpanzees*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1988, págs. 266-295.

40. R. M. Seyfarth, D. L. Cheney y P. Marler, «Vervet monkey alarm calls: Semantic communication in a free-ranging primate», *Animal Behaviour*, nº 28, 1980, págs. 1.070-1.094.

41. D. Premack, «Concordant preferences as a precondition for affective but not for symbolic communication (or how to do experimental anthropology)», *Cognition*, nº 1, 1972, págs. 251-264.

42. R. M. Seyfarth y D. L. Cheney, «Meaning and emotion in animal vocalizations», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.000, 2003, págs. 32-55.

43. R. M. Seyfarth y D. L. Cheney, «Signalers and receivers in animal communication», *Annual Review of Psychology*, nº 54, 2003, págs. 145-173.

44. W. T. Fitch, J. Neubauer y H. Herzel, «Calls out of chaos: The adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production», *Animal Behaviour*, nº 63, 2002, págs. 407-418.

45. J. Mitani y T. Nishida, «Contexts and social correlates of long-distance calling by male chimpanzees», *Animal Behaviour*, nº 45, 1993, págs. 735-746.

46. M. C. Corballis, «The gestural origins of language», *American Scientist*, nº 87, 1999, págs. 138-145.

47. G. Rizzolatti y M. A. Arbib, «Language within our grasp», *Trends in Cognitive Neurosciences*, nº 21, 1998, págs. 188-194.

48. W. D. Hopkins y M. Cantero, «From hand to mouth in the evolution of language: The influence of vocal behavior on lateralized hand use in manual gestures by chimpanzees (*Pan troglodytes*)», *Developmental Science*, nº 6, 2003, págs. 55-61.

49. A. Meguerditchian y J. Vauclair, «Baboons communicate with their right hand», *Behavioral Brain Research*, nº 171, 2006, págs. 170-174.

50. J. M. Iverson y S. Goldin-Meadow, «Why people gesture when they speak», *Nature*, nº 396, 1998, pág. 228.

51. A. Senghas, «The development of Nicaraguan sign language via the language acquisition process», en D. MacLaughin y S. McEwen, comps., *Proceedings of the 19th*

*Annual Boston University Conference on Language Development*, Boston, Cascadilla Press, 1995, págs. 543-552.

52. H. J. Neville y otros, «Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: Biological constraints and effects of experience», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 95, 1998, págs. 922-929.

53. G. Rizzolatti, L. Fogassi y V. Gallese, «Cortical mechanisms subserving object grasping, action understanding, and imitation», en M. S. Gazzaniga, comp., *The Cognitive Neurosciences*, vol. 3, Cambridge, MA, MIT Press, 2004, págs. 427-440.

54. K. Kurata y J. Tanji, «Premotor cortex neurons in macaques: Activity before distal and proximal forelimb movements», *Journal of Neuroscience*, nº 6, 1986, págs. 403-411.

55. G. Rizzolatti y otros, «Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey, II: Area F5 and the control of distal movements», *Experimental Brain Research*, nº 71, 1988, págs. 491-507.

56. M. Gentillucci y otros, «Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey, I: Somatotopy and the control of proximal movements», *Experimental Brain Research*, nº 71, 1988, págs. 475-490.

57. M. H. Hast y otros, «Cortical motor representation of the laryngeal muscles in *Macaca mulatta*», *Brain Research*, nº 73, 1974, págs. 229-240.

58. Para una revisión, véase G. Rizzolatti, L. Fogassi y V. Gallese, «Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action», *Nature Reviews Neuroscience*, nº 2, 2001, págs. 661-670.

59. J. Goodall, *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*, Cambridge, MA, Belknap Press of Harvard University, 1986.

60. C. Crockford y C. Boesch, «Context-specific calls in wild chimpanzees, *Pan troglodytes verus*: Analysis of barks», *Animal Behaviour*, nº 66, 2003, págs. 115-125.

61. L. Barzini, *The Italians*, Nueva York, Atheneum, 1964, (trad. cast.: *Los italianos*, Barcelona, Grijalbo, 1974).

62. J. E. LeDoux, «Emotion circuits in the brain», *Annual Review of Neuroscience*, nº 23, 2000, págs. 155-184.

63. J. E. LeDoux, «The self: Clues from the brain», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.001, 2003, págs. 295-304.

64. R. Wrangham y D. Peterson, *Demonic Males: Apes and the Origins of Human Violence*, Boston, Houghton Mifflin, 1996, (trad. cast.: *Machos demoníacos: sobre los orígenes de la violencia humana*, Buenos Aires, Ada Korn, 1998).

65. J. McPhee, *La Place de la Concorde Suisse*, Nueva York, Farrar, Straus & Giroux, 1984.

66. A. R. Damasio, *Descartes' Error*, Nueva York, Putnam, 1994, (trad. cast.: *El error de Descartes*, Barcelona, Crítica, 2006).

67. M. Ridley, *The Red Queen*, Nueva York, Macmillan, 1993, pág. 244.

## CAPÍTULO 3: LOS GRANDES CEREBROS Y LA EXPANSIÓN DE LAS RELACIONES SOCIALES

1. F. Roes, «A conversation with George C. Williams», *Natural History*, nº 107, mayo de 1998, págs. 10-13.

2. W. D. Hamilton, «The genetical evolution of social behaviour, I and II», *Journal of Theoretical Biology*, nº 7, 1964, págs. 1-16 y 17-52.

3. D. S. Wilson y E. O. Wilson, «Rethinking the theoretical foundation of sociobiology», *Quarterly Review of Biology*, nº 82, 2007, págs. 327-348.

4. R. Trivers, «The evolution of reciprocal altruism», *Quarterly Review of Biology*, nº 46, 1971, págs. 35-37.

5. J. Tooby, L. Cosmides y H. C. Barrett, «Resolving the debate on innate ideas: Learnability constraints and the evolved interpenetration of motivational and conceptual funcions», en P. Carruthers, S. Laurence y S. Stich, comps., *The Innate Mind: Structure and Content*, Nueva York, Oxford University Press, 2005.

6. R. L. Trivers y D. Willard, «Natural selection of parental ability to vary the sex ratio», *Science*, nº 7, 1973, págs. 90-92.

7. T. H. Clutton-Brock y A. C. J. Vincent, «Sexual selection and the potential reproductive rates of males and females», *Nature*, nº 351, 1991, págs. 58-60.

8. T. H. Clutton-Brock, «Mammalian mating systems», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 236, 1989, págs. 339-372.

9. T. H. Clutton-Brock, *The Evolution of Parental Care*, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1991.

10. R. L. Trivers, «Parental investment and sexual selection», en B. Campbell, comp., *Sexual Selection and the Descent of Man 1871-1971*, Chicago, Aldine, 1972, págs. 136-179.

11. D. C. Geary, *The Origin of Mind*, Washington, DC, American Psychological Association, 2004.

12. H. J. Jerrison, *Evolution of the Brain and Intelligence*, Nueva York, Academic Press, 1973.

13. T. Wynn, «Tools and the evolution of human intelligence», en W. B. Byrne y A. White, comps., *Machiavellian Intelligence*, Oxford, Clarendon Press, 1988.

14. S. Pinker, *How the Mind Works*, Nueva York, W. W. Norton, 1997, pág. 195, (trad. cast.: *Cómo funciona la mente*, Barcelona, Destino, 2001).

15. R. W. Wrangham y N. Conklin-Brittain, «Cooking as a biological trait», *Comparative Biochemistry and Physiology: Part A*, nº 136, 2003, págs. 35-46.

16. S. M. Boback, C. L. Cox, B. D. Ott, R. Carmody, R. W. Wrangham y S. M. Secor, «Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion», *Comparative Biochemistry and Physiology: Part A*, nº 148, 2007, págs. 651-656.

17. P. Lucas, *Dental Functional Morphology: How Teeth Work*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

18. K. Oka, A. Sakuarae, T. Fujise, H. Yoshimatsu, T. Sakata y M. Nakata, «Food texture differences affect energy metabolism in rats», *Journal of Dental Research*, nº 82, 2003, págs. 491-494.

19. C. L. Broadhurst, Y. Wang, M. A. Crawford, S. C. Cunnane, J. E. Parkington y W. F. Schmidt, «Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: Potential impact on early African *Homo sapiens*», *Comparative Biochemistry and Physiology*, nº 131B, 2002, págs. 653-673.

20. M. A. Crawford y otros, «Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain», *Lipids*, nº 34 Suppl., 1999, págs. S39-47.

21. C. L. Broadhurst, S. C. Cunnane y M. A. Crawford, «Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early *Homo*», *British Journal of Nutrition*, nº 79, 1998, págs. 3-21.

22. B. A. Carlson y J. D. Kingston, «Docosahexaenoic acid, the aquatic diet, and hominid encephalization: Difficulties in establishing evolutionary links», *American Journal of Human Biology*, nº 19, 2007, págs. 132-141.

23. R. W. Byrne y N. Corp, «Neocortex size predicts deception rate in primates», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 271, 2004, págs. 1.693-1.699.

24. A. Jolly, «Lemur social behaviour and primate intelligence», *Science*, nº 153, 1966, págs. 501-506.

25. N. K. Humphrey, «The social function of intellect», en P. P. G. Bateson y R. A. Hinde, comps., *Growing Points in Ethology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.

26. R. B. Byrne y A. Whiten, *Machiavellian Intelligence*, Oxford, Clarendon Press, 1988.

27. R. D. Alexander, *How Did Humans Evolve? Reflections on the Uniquely Unique Species*, Ann Arbor, Museum of Zoology, University of Michigan Special Publication nº 1, 1990.

28. R. I. M. Dunbar, «The social brain hypothesis», *Evolutionary Anthropology*, nº 6, 1998, págs. 178-190.

29. T. Sawaguchi y H. Kudo, «Neocortical development and social structure in primates», *Primate*, nº 31, 1990, págs. 283-290.

30. R. I. M. Dunbar, «Neocortex size as a constraint on group size in primates», *Journal of Human Evolution*, nº 22, 1992, págs. 469-493.

31. H. Kudo y R. I. M. Dunbar, «Neocortex size and social network size in primates», *Animal Behaviour*, nº 62, 2001, págs. 711-722.

32. B. P. Pawlowski, C. B. Lowen y R. I. M. Dunbar, «Neocortex size, social skills and mating success in primates», *Behaviour*, nº 135, 1998, págs. 357-368.

33. K. Lewis, «A comparative stuy of primate play behaviour: Implications for the study of cognition», *Folia Primatica*, nº 71, 2001, págs. 417-421.

34. R. I. M. Dunbar, «The social brain: Mind, language, and society in evolutionary perspective», *Annual Review of Anthropology*, nº 32, 2003, págs. 163-181.

35. R. A. Hill y R. I. M. Dunbar, «Social network size in humans», *Human Nature*, nº 14, 2003, págs. 53-72.

36. R. I. M. Dunbar, *Grooming, Gossip and the Evolution of Language*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1996.

37. A. Ben-Ze'ev, «The vindication of gossip», en R. F. Goodman y Z. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 11-24.

38. T. Iwamoto y R. I. M. Dunbar, «Thermoregulation, habitat quality and the behavioural ecology of gelada baboons», *Journal of Animal Ecology*, nº 52, 1983, págs. 357-366.

39. R. I. M. Dunbar, «Coevolution of neocortical size, group size and language in humans», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 16, 1993, págs. 681-735.

40. M. Enquist y O. Leimar, «The evolution of cooperation in mobile organisms», *Animal Behaviour*, nº 45, 1993, págs. 747-757.

41. K. Kniffin y D. Wilson, «Utilities of gossip across organizational levels», *Human Nature*, nº 16, otoño de 2005, págs. 278-292.

42. N. Emler, «Gossip, reputation and adaptation», en R. F. Goodman y A. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 117-138.

43. G. Taylor, «Gossip as moral talk», en R. F. Goodman y A. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 34-46.

44. M. Ayim, «Knowledge through the grapevine: Gossip as inquiry», en R. F. Goodman y A. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 85-99.

45. F. Schoeman, «Gossip and privacy», en R. F. Goodman y A. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 72-84.

46. M. E. Jaeger, A. Skleder, B. Rind y R. L. Rosnow, «Gossip, gossipers and gossipees», en R. F. Goodman y A. Ben-Ze'ev, comps., *Good Gossip*, Lawrence, University of Kansas Press, 1994, págs. 154-168.

47. J. Haidt, *The Happiness Hypothesis*, Nueva York, Basic Books, 2006, (trad. cast.: *La hipótesis de la felicidad: la búsqueda de verdades modernas en la sabiduría antigua*, Barcelona, Gedisa, 2006).

48. R. I. M. Dunbar, *Grooming, Gossip and the Evolution of Language*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1996.

49. D. E. Brown, *Human Universals*, Nueva York, McGraw-Hill, 1991.

50. R. Araya y A. Fischer, «Leda Cosmides: La psicología evolucionaria. Mente, comportamiento y ciencias sociales», entrevista a Leda Cosmides, *El Mercurio*, 28 de octubre de 2001.

51. L. Cosmides y J. Tooby, «Social exchange: The evolutionary design of a neurocognitive system», en M. S. Gazzaniga, comp., *The Cognitive Neurosciences*, vol. 3, Cambridge, MA, MIT Press, 2004, págs. 1.295-1.308.

52. V. E. Stone, L. Cosmides, J. Tooby, N. Kroll y R. T. Knight, «Selective impairment of reasoning about social exchange in patient with bilateral limbic system

damage», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 99, 2002, págs. 11.531-11.536.

53. S. F. Brosnan y F. B. M. de Waal, «Monkeys reject unequal pay», *Nature*, nº 425, 2003, págs. 297-299.

54. M. D. Hauser, *Wild Minds: What Animals Really Think*, Nueva York, Henry Holt, 2000, (trad. cast.: *Mentes Salvajes: ¿Qué piensan los animales?*, Barcelona, Granica, 2002).

55. D. Chiappe, «Cheaters are looked at longer and remembered better than cooperators in social exchange situations», *Evolutionary Psychology*, nº 2, 2004, págs. 108-120.

56. P. Barclay, «Reputational benefits for altruistic behavior», *Evolution and Human Behavior*, nº 27, 2006, págs. 325-344.

57. C. Ristau, «Aspects of the cognitive ethology of an injury-feigning bird, the piping plover», en C. A. Ristau, comp., *Cognitive Ethology: The Minds of Other Animals*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1991.

58. B. Hare, J. Call y M. Tomasello, «Chimpanzees deceive a human by hiding», *Cognition*, nº 101, 2006, págs. 495-514.

59. R. Dangerfield, en *Caddyshack*, Orion Pictures, 1980, (versión española, *El club de los chalados*).

60. J. M. Tyler y R. S. Feldman, «Truth, lies, and self-presentation: How gender and anticipated future interaction relate to deceptive behavior», *Journal of Applied Social Psychology*, nº 34, 2004, págs. 2.602-2.615.

61. T. Gilovich, *How We Know What Isn't So*, Nueva York, Macmillan, 1991.

62. J. Morton y M. Johnson, «CONSPEC and CONLEARN: A two-process theory of infant face recognition», *Psychology Reviews*, nº 98, 1991, págs. 164-181.

63. C. A. Nelson, «The recognition of facial expressions in the first two years of life: Mechanisms and development», *Child Development*, nº 58, 1987, págs. 899-909.

64. L. A. Parr, J. T. Winslow, W. D. Hopkins y F. B. M. de Waal, «Recognizing facial clues: Individual recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*)», *Journal of Comparative Psychology*, nº 114, 2000, págs. 47-60.

65. A. M. Burrows, B. M. Waller, L. A. Parr y C. J. Bonar, «Muscles of facial expression in the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Descriptive, ecological and phylogenetic contexts», *Journal of Anatomy*, nº 208, 2006, págs. 153-167.

66. L. A. Parr, «Cognitive and physiological markers of emotional awareness in chimpanzees, *Pan troglodytes*», *Animal Cognition*, nº 4, 2001, págs. 223-229.

67. Para una revisión, véase P. Ekman, «Facial expressions», en T. Dalgleish y T. Power, comps., *The Handbook of Cognition and Emotion*, Sussex, UK, Wiley, 1999, págs. 301-320.

68. P. Ekman, *Telling Lies: Clues to Deceit in the Marketplace, Marriage, and Politics*, 3ª ed., Nueva York, W. W. Norton, 2002, (trad. cast.: *Cómo detectar mentiras: una guía para utilizar en el trabajo, la política y la pareja*, Barcelona, Paidós, 2009).

69. P. Ekman, W. V. Friesen y M. O'Sullivan, «Smiles when lying», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 54, 1988, págs. 414-420.

70. P. Ekman, W. V. Friesen y K. Scherer, «Body movement and voice pitch in deceptive interaction», *Semiotica*, nº 16, 1976, págs. 23-27.

71. P. Ekman, «Face to face: The science of reading faces», *Conversations with History*, 14 de enero de 2004, <http://globetrotter.berkeley.edu/conversations/e.html>.

72. G. de Becker, *The Gift of Fear*, Nueva York, Dell, 1997, (trad. cast.: *El valor del miedo: señales de alarma que nos protegen de la violencia*, Barcelona, Urano, 1999).

73. C. D. Batson, E. R. Thompson, G. Seuferling, H. Whitney y J. A. Strongman, «Moral hypocrisy: Appearing moral to oneself without being so», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 77, 1999, págs. 525-537.

74. C. D. Batson, E. R. Thompson y H. Chen, «Moral hypocrisy: Addressing some alternatives», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 83, págs. 330-339.

75. G. Miller, *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*, Nueva York, Doubleday, 2000.

76. R. Burling, «The selective advantage of complex language», *Ethology and Sociobiology*, nº 7, 1986, págs. 1-16.

77. P. K. Smith, «Does play matter? Functional and evolutionary aspects of animal and human play», *Behavioral Brain Science*, nº 5, 1982, págs. 139-184.

78. J. A. Byers y C. Walker, «Refining the motor training hypothesis for the evolution of play», *American Naturalist*, nº 146, 1995, págs. 25-40.

79. P. Dolhinow, «Play: A critical process in the developmental system», en P. Dolhinow y A. Fuentes, comps., *The Non-Human Primates*, Mountain View, CA, Mayfield Publishing, 1999, págs. 231-236.

80. S. M. Pellis y A. N. Iwaniuk, «The problem of adult play-fighting: A comparative analysis of play and courtship in primates», *Ethology*, nº 105, 1999, págs. 783-806.

81. S. M. Pellis y A. N. Iwaniuk, «Adult-adult play in primates: Comparative analyses of its origin, distribution and evolution», *Ethology*, nº 106, 2000, págs. 1.083-1.104.

82. M. Špinka, R. C. Newberry y M. Bekoff, «Mammalian play: Training for the unexpected», *Quarterly Review of Biology*, nº 76, 2001, págs. 141-167.

83. E. Palagi, G. Cordoni y S. M. Borgognini Tarli, «Immediate and delayed benefits of play behaviour: New evidence from chimpanzees (*Pan troglodytes*)», *Ethology*, nº 110, 2004, págs. 949-962.

84. E. B. Keverne, N. D. Martensz y B. Tuite, «Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships», *Psychoneuroendocrinology*, nº 14, 1989, págs. 155-161.

85. S. P. Henzi y L. Barrett, «The value of grooming to female primates», *Primates*, nº 40, 1999, págs. 47-59.

## CAPÍTULO 4: LA BRÚJULA MORAL EN NUESTRO INTERIOR

1. J. Haidt, «The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment», *Psychological Review*, nº 108, 2001, págs. 814-834.

2 E. A. Westermarck, *The History of Human Marriage*, Nueva York, Macmillan, 1891.

3. J. Shepher, *Incest: A Biosocial View*, Orlando, FL, Academic Press, 1983.

4. A. P. Wolf, «Childhood association and sexual attraction: A further test of the Westermarck hypothesis», *American Anthropologist*, nº 70, 1966, págs. 864-874.

5. D. Lieberman, J. Tooby y L. Cosmides, «Does morality have a biological basis? An empirical test of the factors governing moral sentiments relating to incest», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 270, 2002, págs. 819-826.

6. M. Núñez y P. Harris, «Psychological and deontic concepts: Separate domains or intimate connection?», *Mind and Language*, nº 13, 1998, págs. 153-170.

7. J. Call y M. Tomasello, «Distinguishing intentional from accidental actions in orangutans (*Pongo pygmaeus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and human children (*Homo sapiens*)», *Journal of Comparative Psychology*, nº 112, 1998, págs. 192-206.

8. L. Fiddick, «Domains of deontic reasoning: Resolving the discrepancy between the cognitive and moral reasoning literature», *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, nº 5A, 2004, págs. 447-474.

9. *Free Soil Union*, Ludlow, VT, 14 de septiembre de 1848.

10. M. Macmillan, <www.deakin.edu.au/hmnbs/psychology/gagepage/Pgstory.php>.

11. A. Damasio, *Descartes' Error*, Nueva York, Putnam, 1994, (trad. cast.: *El error de Descartes*, Barcelona, Crítica, 2006).

12. J. A. Bargh, S. Chaiken, P. Raymond y C. Hymes, «The automatic evaluation effect: Unconditionally automatic activation with a pronunciation task», *Journal of Experimental Social Psychology*, nº 32, 1996, págs. 185-210.

13. J. A. Bargh y T. L. Chartrand, «The unbearable automaticity of being», *American Psychologist*, nº 54, 1999, págs. 462-479.

14. M. G. Haselton y D. M. Buss, «Error management theory: A new perspective on biases in cross-sex mind reading», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 78, 2000, págs. 81-91.

15. C. H. Hansen y R. D. Hansen, «Finding the face in the crowd: An anger superiority effect», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 54, 1988, págs. 917-924.

16. P. Rozin y E. B. Royzman, «Negativity bias, negativity dominance, and contagion», *Personality and Social Psychology Review*, nº 5, 2001, págs. 296-320.

17. J. T. Cacioppo, W. L. Gardner y G. G. Berntson, «The affect system has parallel and integrative processing components: Form follows function», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 76, 1999, págs. 839-855.

18. T. L. Chartrand y J. A. Bargh, «The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 76, 1999, págs. 893-910.

19. M. Ambady y R. Rosenthal, «Thin slices of expressive behavior as predictors of interpersonal consequences: A meta-analysis», *Psychological Bulletin*, nº 111, 1992, págs. 256-274.

20. L. Albright, D. A. Kenny y T. E. Malloy, «Consensus in personality judgements at zero acquaintance», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 55, 1988, págs. 387-395.

21. S. Chailen, «Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 39, 1980, págs. 752-766.

22. J. T. Cacioppo, J. R. Priester y G. G. Berntson, «Rudimentary determinants of attitudes, II: Arm flexion and extension have differential effects on attitudes», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 65, 1993, págs. 5-17.

23. M. Chen y J. A. Bargh, «Nonconscious approach and avoidance: Behavioral consequences of the automatic evaluation effect», *Personality and Social Psychology Bulletin*, nº 25, 1999, págs. 215-224.

24. J. J. Thomson, *Rights, Restitution, and Risk: Essays in Moral Theory*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1986.

25. J. Greene y otros, «An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgement», *Science*, nº 293, 2001, págs. 2.105-2.108.

26. M. Hauser, *Moral Minds*, Nueva York, Harper Collins, 2006, (trad. cast.: *La mente moral: Cómo la naturaleza ha desarrollado nuestro sentido del bien y del mal*, Barcelona, Paidós, 2008).

27. J. S. Borg, C. Hynes, J. V. Horn, S. Grafton y W. Sinnott-Armstrong, «Consequences, action and intention as factors in moral judgements: An fMRI investigation», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 18, 2006, págs. 803-817.

28. D. Amati y T. Shallice, «On the emergence of modern humans», *Cognition*, nº 103, 2007, págs. 358-385.

29. J. Haidt y C. Joseph, «Intuitive ethics: How innately prepared intuitions generate culturally variable virtues», *Daedalus*, nº 138, otoño de 2004, págs. 55-66.

30. J. Haidt y F. Bjorklund, «Social intuitionists answer six questions about moral psychology», en W. Sinnott-Armstrong, comp., *Moral Psychology Vol. 2: The Cognitive Science of Morality: Intuition and Diversity*, Cambridge, MA, MIT Press, 2008.

31. R. A. Shweder, N. C. Much, M. Mahapatra y L. Park, «The "big three" of morality (autonomy, community, and divinity), and the "big three" explanations of suffering», en A. Brandt y P. Rozin, comps., *Morality and Health*, Nueva York, Routledge, 1997, págs. 119-169.

32. J. Haidt, «The moral emotions», en R. J. Davidson, K. R. Scherer y H. H. Goldsmith, comps., *Handbook of Affective Sciences*, Oxford, Oxford University Press, 2003, págs. 852-870.

33. R. H. Frank, «If homo economicus could choose his own utility function, would he want one with a conscience?», *American Economic Review*, nº 77, 1987, págs. 593-604.

34. P. R. Kunz y M. Woolcott, «Season's greetings: From my status to yours», *Social Science Research*, nº 5, 1976, págs. 269-278.

35. E. Hoffman, K. McCabe, J. Shachat y V. Smith, «Preferences, property rights and anonymity in bargaining games», *Games and Economic Behavior*, nº 7, 1994, págs. 346-380.

36. E. Hoffman, K. McCabe y V. Smith, «Social distance and other-regarding behavior in dictator games», *American Economic Review*, nº 86, 1996, págs. 653-660.

37. K. McCabe, S. Rassenti y V. Smith, «Game theory and reciprocity in some extensive form experimental games», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 93, 1996, págs. 13.421-13.428.

38. J. Henrich y otros, «"Economic man" in cross-cultural perspective: Behavioral experiments in 15 small-scale societies», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 28, 2005, págs. 795-815.

39. R. Kurzban, J. Tooby y L. Cosmides, «Can race be erased? Coalitional computation and social categorization», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 98, 2001, págs. 15.387-15.392.

40. M. Ridley, *The Red Queen*, Nueva York, Macmillan, 1993.

41. J. Haidt, P. Rozin, C. McCauley y S. Imada, «Body, psyche, and culture: The relationship of disgust to morality», *Psychology and Developing Societies*, nº 9, 1997, págs. 107-131.

42. Citado en J. Haidt y F. Bjorklund, «Social intuitionists answer six questions about moral psychology», en W. Sinnott-Armstrong, comp., *Moral Psychology Vol. 2: The Cognitive Science of Morality: Intuition and Diversity*, Cambridge, MA, MIT Press, 2008.

43. H. de Balzac, *Modeste Mignon*, Trad. Bell, C., Filadelfia, Gebbie Publishing, 1898, (trad. cast.: *Obras Completas*, Madrid, Aguilar, cop. 1968-1972).

44. D. N. Perkins, M. Farady y B. Bushey, «Everyday reasoning and the roots of intelligence», en J. F. Voss, D. N. Perkins y J. W. Segal, comps., *Informal Reasoning and Education*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1991.

45. D. Kuhn, *The Skills of Argument*, Nueva York, Cambridge University Press, 1991.

46. D. Kuhn, «How do people know?», *Psychological Science*, nº 12, 2001, págs. 1-8.

47. D. Kuhn y M. Felton, «Developing appreciation of the relevance of evidence to argument», ponencia presentada en la Winter Conference on Discourse, Text, and Cognition, Jackson Hole, WY, 2000.

48. R. Wright, *The Moral Animal*, Nueva York, Random House, Pantheon, 1994.

49. S. Asch, «Studies of independence and conformity: A minority of one against a unanimous majority», *Psychological Monographs*, nº 70, 1956, págs. 1-70.

50. S. Milgram, «Behavioral study of obedience», *Journal of Abnormal and Social Psychology*, nº 67, 1963, págs. 371-378.

51. S. Milgram, *Obedience to Authority: An Experimental View*, Nueva York, Harper & Row, 1974, (trad. cast.: *Obediencia a la autoridad: un punto de vista experimental*, Bilbao, Desclée de Brouwer, 2007).

52. R. F. Baumeister y L. S. Newman, «Self-regulation of cognitive inference and decision processes», *Personality and Social Psychology Bulletin*, nº 20, 1994, págs. 3-19.

53. T. Hirschi y M. F. Hindelang, «Intelligence and delinquency: A revisionist view», *American Sociological Review*, nº 42, 1977, págs. 571-587.

54. A. Blasi, «Bridging moral cognition and moral action: A critical review of the literature», *Psychological Bulletin*, nº 88, 1980, págs 1-45.

55. Y. Shoda, W. Mischel y P. K. Peake, «Predicting adolescent cognitive and self-regulatory behavior competencies from preschool delay of gratification: Identifying diagnostic conditions», *Developmental Psychology*, nº 26, 1990, págs. 978-986.

56. J. Metcalfe y W. Mischel, «A hot/cool-system analysis of delay of gratification: Dynamics of willpower», *Psychological Review*, nº 106, 1999, págs. 3-19.

57. T. J. Harpur y R. D. Hare, «The assessment of psychopathy as a function of age», *Journal of Abnormal Psychology*, nº 103, 1994, págs. 604-609.

58. A. Raine, «Antisocial behavior and psychophysiology: A biosocial perspective and a prefrontal dysfunction hypothesis», en D. Stroff, J. Brieling y J. Maser, comps., *Handbook of Antisocial Behavior*, Nueva York, Wiley, 1998, págs. 289-304.

59. R. J. Blair, «A cognitive developmental approach to morality: Investigating the psychopath», *Cognition*, nº 57, 1995, págs. 1-29.

60. R. D. Hare y M. J. Quinn, «Psychopathy and autonomic conditioning», *Journal of Abnormal Psychology*, nº 77, 1971, págs. 223-235.

61. R. J. Blair, L. Jones, F. Clark y M. Smith, «The psychopathic individual: A lack of responsiveness to distress cues?», *Psychophysiology*, nº 342, 1997, págs. 192-198.

62. D. Hart y S. Fegley, «Prosocial behavior and caring in adolescence: Relations to self-understanding and social judgment», *Child Development*, nº 66, 1995, págs. 1.346-1.359.

63. A. Colby y W. Damon, *Some Do Care: Contemporary Lives of Moral Commitment*, Nueva York, Free Press, 1992.

64. K. M. Matsuba y L. J. Walker, «Extraordinary moral commitment: Young adults involved in social organizations», *Journal of Personality*, nº 72, 2004, págs. 413-436.

65. S. Oliner y P. M. Oliner, *The Altruistic Personality: Rescuers of Jews in Nazi Europe*, Nueva York, Free Press, 1988.

66. P. Boyer, «Religious thought and behavior as by-products of brain function», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 7, 2003, págs. 119-124.

67. J. L. Barrett y F. C. Keil, «Conceptualizing a nonnatural entity: Anthropomorphism in God concepts», *Cognitive Psychology*, nº 31, 1996, págs. 219-247.

68. P. Boyer, «Why is religion natural?», *Skeptical Inquirer*, nº 28, vol. 2, marzo/abril de 2004.

69. D. S. Wilson, «Why Richard Dawkins is wrong about religion?», *eSkeptic*, 4 de julio de 2007, <www.eskeptic.com/eskeptic/07-07-04.html>.

70. M. Ridley, *The Origins of Virtue*, Nueva York, Penguin, 1996.

71. E. Ostrom, J. Walker y T. Gardner, «Covenants without a sword: Self-governance is possible», *American Political Science Review*, nº 886, 1992, págs. 404-417.

## CAPÍTULO 5: PUEDO SENTIR TU DOLOR

1. A. J. Pegna, A. Khateb, F. Lazeyras y M. L. Seghier, «Discriminating emotional faces without primary visual cortices involves the right amygdala», *Nature Neuroscience*, nº 8, 2004, págs. 24-25.

2. A. I. Goldman y C. S. Sripada, «Simulationist models of face-based emotion recognition», *Cognition*, nº 94, 2005, págs. 193-213.

3. V. Gallese, «The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 358, 2003, págs. 517-528.

4. A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Imitation of facial and manual gestures by human neonates», *Science*, nº 198, 1997, págs. 75-78.

5. Para una revisión, véase A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Explaining facial imitation: A theoretical model», *Early Development and Parenting*, nº 6, 1997, págs. 179-192.

6. A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Newborn infants imitate adult facial gestures», *Child Development*, nº 54, 1983, págs. 702-709.

7. A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Imitation in newborn infants: Exploring the range of gestures imitated and the underlying mechanisms», *Developmental Psychology*, nº 25, 1989, págs. 954-962.

8. A. N. Meltzoff y J. Decety, «What imitation tells us about social cognition: A rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 358, 2003, págs. 491-500.

9. M. Legerstee, «The role of person and object in eliciting early imitation», *Journal of experimental Child Psychology*, nº 5, 1991, págs. 423-433.

10. Para una revisión, véase A. Puce y D. Perrett, «Electrophysiology and brain imaging of biological motion», en J. T. Cacioppo y G. G. Berntson, comps., *Social Neuroscience*, Nueva York, Psychology Press, 2005, págs. 115-129.

11. A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Imitation, memory, and the representation of persons», *Infant Behavior and Development*, nº 17, 1994, págs. 83-99.

12. A. N. Meltzoff y M. K. Moore, «Object representation, identity, and the paradox of early permanence: Steps toward a new framework», *Infant Behavior and Development*, nº 21, 1998, págs. 210-235.

13. J. Nadel, «Imitation and imitation recognition: Functional use in pre-verbal infants and nonverbal children with autism», en A. Meltzoff y W. Prinz, comps., *The Imitative Mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

14. F. de Waal, *The Ape and the Sushi Master: Cultural Reflections of a Primatologist*, Nueva York, Basic Books, 2002, (trad. cast.: *El simio y el aprendiz de sushi: reflexiones de un primatólgo sobre la cultura*, Barcelona, Paidós, 2002).

15. E. Visalberghi y D. M. Fragaszy, «Do monkeys ape?», en S. T. Parker y K. R. Gibson, comps., *Language and Intelligence in Monkeys and Apes*, Nueva York, Cambridge University Press, 1990, págs. 247-273.

16. A. Whiten y R. Ham, «On the nature and evolution of imitation in the animal kingdom: Reappraisal of a century of research», en P. J. B. Slater, J. S. Rosenblatt, C. Beer y M. Milinski, comps., *Advances in the Study of Behavior*, Nueva York, Academic Press, 1992, págs. 239-283.

17. M. Kumashiro, H. Ishibashi, Y. Uchiyama, S. Itakura, A. Murata y A. Iriki, «Natural imitation induced by joint attention in Japanese monkeys», *International Journal of Psychophysiology*, nº 50, 2003, págs. 81-99.

18. T. Zentall, «Imitation: Definitions, evidence, and mechanisms», *Animal Cognition*, nº 9, 2006, págs. 335-353.

19. Véase una revisión en B. B. Bauer y H. Harley: «The mimetic dolphin», *Behavior and Brain Sciences*, nº 24, 2001, págs. 326-327. Comentario en L. Rendell y H. Whitehead, «Culture in whales and dolphins», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 24, 2001, págs. 309-382.

20. H. Giles y P. F. Powesland, *Speech Style and Social Evaluation*, London, Academic Press, 1975.

21. Para una revisión, véase T. Chartrand, W. Maddux y J. Lakin, «Beyond the perception-behavior link: The ubiquitous utility and motivational moderators of nonconscious mimicry», en T. Hassin, J. J. Uleman y J. A. Bargh, comps., *Unintended Thoughts*, vol. 2: *The New Unconscious*, Nueva York, Oxford University Press, 2005.

22. U. Dimberg, M. Thunberg y K. Elmehed, «Unconscious facial reactions to emotional facial expressions», *Psychological Science*, nº 11, 2000, págs. 86-89.

23. J. B. Bavelas, A. Black, N. Chovil, C. Lemery y J. Mullett, «Form and function in motor mimicry: Topographic evidence that the primary function is communication», *Human Communication Research*, nº 14, 1988, págs. 275-300.

24. J. M. Cappella y S. Panalp, «Talk and silence sequences in informal conversations, III: Interspeaker influence», *Human Communication Research*, nº 7, 1981, págs. 117-132.

25. R. B. van Baaren, R. W. Holland, K. Kawakami y A. van Knippenberg, «Mimicry and prosocial behavior», *Psychological Science*, nº 15, 2004, págs. 71-74.

26. J. Decety y P. L. Jackson, «The functional architecture of human empathy», *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, nº 3, 2004, págs. 71-100.

27. E. Hatfield, J. T. Cacioppo y R. L. Rapson, «Emotional contagion», *Current Directions in Psychological Sciences*, nº 2, 1993, págs. 96-99.

28. M. S. Gazzaniga y C. S. Smylie, «Hemispheric mechanisms controlling voluntary and spontaneous facial expressions», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 2, 1990, págs. 239-245.

29. A. Damasio, *Looking for Spinoza*, Nueva York, Harcourt, 2003, (trad. cast.: *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y de los sentimientos*, Barcelona, Crítica, 2005).

30. M. Dondi, F. Simion y G. Caltran, «Can newborns discriminate between their own cry and the cry of another newborn infant?», *Developmental Psychology*, nº 35, 1999, págs. 418-426.

31. G. B. Martin y R. D. Clark, «Distress crying in neonates: Species and peer specificity», *Developmental Psychology*, nº 18, 1982, págs. 3-9.

32. R. Neumann y F. Strack, «"Mood contagion": The automatic transfer of mood between persons», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 79, 2000, págs. 211-223.

33. T. Field, «Early interactions between infants and their postpartum depressed mothers», *Infant Behavior and Development*, nº 7, 1984, págs. 517-522.

34. T. Field, «Attachment as psychobiological attunement: Being on the same wavelength», en M. Reite y T. Field, comps., *Psychobiology of Attachment and Separation*, Nueva York, Academic Press, págs. 415-454.

35. T. Field y otros, «Infants of depressed mothers show "depressed" behavior even when with nondepressed adults», *Child Development*, nº 59, 1988, págs. 1.569-1.579.

36. J. F. Cohn, R. Matias, E. Z. Tronick, D. Connell y K. Lyons-Ruth, «Face-to-face interactions of depressed mothers and their infants», en E. Z. Tronick y T. Field, comps., *Maternal Depression and Infant Disturbance*, San Francisco, Jossey-Bass, 1986, págs. 31-45.

37. W. Penfield y M. E. Faulk, «The insula: Further observations on its function», *Brain*, nº 78, 1955, págs. 445-470.

38. P. Krolak-Salmon y otros, «An attention modulated response to disgust in human ventral anterior insula», *Annals of Neurology*, nº 53, 2003, págs. 446-453.

39. B. Wicker, C. Keysers, J. Plailly, J. P. Royet, V. Gallese y G. Rizzolatti, «Both of us disgusted in *my* insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust», *Neuron*, nº 400, 2003, págs. 665-664.

40. T. Singer, B. Seymour, J. O'Doherty, H. Kaube, R. J. Dolan y C. D. Frithe, «Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain», *Science*, nº 303, 2004, págs. 1.157-1.162.

41. P. L. Jackson, A. N. Meltzoff y J. Decety, «How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy», *Neuroimage*, nº 24, 2005, págs. 771-779.

42. W. D. Hutchison, K. D. Davis, A. M. Lozano, R. R. Tasker y J. O. Dostrovsky, «Pain-related neurons in the human cingulate cortex», *Nature Neuroscience*, nº 2, 1999, págs. 403-405.

43. P. Ekman, R. W. Levenson y W. V. Freisen, «Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions», *Science*, nº 221, 1983, págs. 1.208-1.210.

44. P. Ekman y R. J. Davidson, «Voluntaty smiling changes regional brain activity», *Psychological Science*, nº 4, 1993, págs. 342-345.

45. R. W. Levenson y A. M. Ruef, «Empathy: A physiological substrate», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 663, 1992, págs. 234-246.

46. H. D. Critchley, S. Wiens, P. Rotshtein, A. Öhman y R. J. Dolan, «Neural systems supporting interoceptive awareness», *Nature Neuroscience*, nº 7, 2004, págs. 189-195.

47. A. D. Craig, «Human feelings: Why are some more aware than others?», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 8, 2004, págs. 239-241.

48. A. J. Calder, J. Keane, F. Manes, N. Antoun y A. Young, «Impaired recognition and experience of disgust following brain injury», *Nature Neuroscience*, nº 3, 2000, págs. 1.077-1.078.

49. R. Adolphs, D. Tranel y A. R. Damasio, «Dissociable neural systems for recognizing emotions», *Brain and Cognition*, nº 52, 2003, págs. 61-69.

50. R. Adolphs, D. Tranel, H. Damasio y A. Damasio, «Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala», *Nature*, nº 372, 1994, págs. 669-672.

51. P. Broks y otros, «Face processing impairments after encephalitis: Amygdala damage and recognition of fear», *Neuropsychologia*, nº 36, 1998, págs. 59-70.

52. R. Adolphs, H. Damasio, D. Tranel y A. R. Damasio, «Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions», *Journal of Neuroscience*, nº 16, 1996, págs. 7.678-7.687.

53. R. Adolphs y otros, «Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage», *Neuropsychologia*, nº 37, 1999, págs. 1.111-1.117.

54. R. Sprengelmeyer y otros, «Knowing no fear», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 266, 1999, págs. 2.451-2.456.

55. A. D. Lawrence, A. J. Calder, S. W. McGowan y P. M. Grasby, «Selective disruption of the recognition of facial expressions of anger», *NeuroReport*, nº 13, 2002, págs. 881-884.

56. M. Meunier, J. Bachevalier, E. A. Murray, L. Málková y M. Mishkin, «Effects of aspiration versus neurotoxic lesions of the amygdala on emotional responses in monkeys», *European Journal of Neuroscience*, nº 11, 1999, págs. 4.403-4.418.

57. R. M. Church, «Emotional reactions of rats to the pain of others», *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, nº 52, 1959, págs. 132-134.

58. J. R. Anderson, M. Myowa-Yamakoshi, y T. Matsuzawa, «Contagious yawning in chimpanzees», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 27, 2004, págs. 468-470.

59. S. M. Platek, S. R. Critton, T. E. Myers y G. G. Gallup Jr., «Contagious yawning: The role of self-awareness and mental state attribution», *Cognitive Brain Research*, nº 17, 2003, págs. 223-227.

60. S. Platek, F. Mohamed y G. G. Gallup Jr., «Contagious yawning and the brain», *Cognitive Brain Research*, nº 23, 2005, págs. 448-453.

61. E. Kohler, C. Keysers, M. A. Umilta, L. Fogassi, B. Gallese y G. Rizzolatti, «Hearing sounds, understanding actions: Action representation in mirror neurons», *Science*, nº 297, 2002, págs. 846-848.

62. M. Iacoboni, R. P. Woods, M. Brass, H. Bekkering, J. C. Mazziotta y G. Rizzolatti, «Cortical mechanisms of human imitation», *Science*, nº 286, 1999, págs. 2.526-2.528.

63. G. Buccino y otros, «Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study», en J. T. Cacioppo y G. G. Berntson, comps., *Social Neuroscience*, Nueva York, Psychology Press, 2005.

64. L. Fadiga, L. Fogassi, G. Pavesi y G. Rizzolatti, «Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study», *Journal of Neurophysiology*, nº 73, 1995, págs. 2.608-2.611.

65. G. Rizzolatti y L. Craighero, «The mirror neuron system», *Annual Review of Neuroscience*, nº 27, 2004, págs. 169-192.

66. G. Buccino, S. Vogt, A. Ritzl, G. R. Fink, K. Zilles, H. J. Freund y G. Rizzolatti, «Neural circuits underlying imitation of hand action: An event-related fMRI study», *Neuron*, nº 42, 2004, págs. 323-324.

67. M. Iacoboni, I. Molnar-Szakacs, V. Gallese, G. Buccino, J. C. Mazziotta y G. Rizzolatti, «Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system», *Public Library of Science: Biology*, nº 3, 2005, págs. 1-7.

68. V. Gallese, C. Keysers y G. Rizzolatti, «A unifying view of the basis of social cognition», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 8, 2004, págs. 396-403.

69. L. M. Oberman, E. M. Hubbard, J. P. McCleery, E. L. Altschuler, V. S. Ramachandran y J. A. Pineda, «EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders», *Cognitive Brain Research*, nº 24, 2005, págs. 190-198.

70. M. Dapretto, M. S. Davies, J. H. Pfeifer, A. A. Scott, M. Sigman, S. Y. Bookheimer y M. Iacoboni, «Understanding emotions in others: Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorder», *Nature Neuroscience*, nº 9, 2006, págs. 28-30.

71. C. Eastwood, en la película *Harry, el fuerte*, Burbank, CA, Malpaso Productions, 1973.

72. A. J. Calder, J. Keane, J. Cole, R. Campbell y A. W. Young, «Facial expression recognition by people with Mobius syndrome», *Cognitive Neuropsychology*, nº 17, 2000, págs. 73-87.

73. N. Danziger, K. M. Prkachin y J. C. Willer, «Is pain the price of empathy? The perception of others' pain in patients with congenital insensitivity to pain», *Brain*, nº 129, 2006, págs. 2.494-2.507.

74. U. Hess y S. Blairy, «Facial mimicry and emotional contagion to dynamic facial expressions and their influence on decoding accuracy», *International Journal of Psychophysiology*, nº 40, 2001, págs. 129-141.

75. J. T. Lanzetta y B. G. Englis, «Expectations of cooperation and competition and their effects on observers' vicarious emotional responses», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 33, 1989, págs. 354-370.

76. P. Bourgeois y U. Hess, «Emotional reactions to political leaders' facial displays: A replication», *Psychophysiology*, nº 36, 1999, pág. S36.

77. H. de Balzac, *Modeste Mignon*, Trad. Bell, C., Filadelfia, Gebbie Publishing, 1898, (trad. cast.: *Obras Completas*, Madrid, Aguilar, cop. 1968-1972).

78. K. N. Ochsner, S. A. Bunge, J. J. Gross y J. D. E. Gabrieli, «Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 14, 2002, págs. 1.215-1.229.

79. T. Canli, J. E. Desmond, Z. Zhao, G. Glover y J. D. E. Gabrieli, «Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI», *NeuroReport*, nº 9, 1998, págs. 3.233-3.239.

80. J. J. Gross, «Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences», *Psychophysiology*, nº 39, 2002, págs. 281-291.

81. B. N. Uchno, J. T. Cacioppo y J. K. Kiecolt-Glaser, «The relationship between social support and physiological processes: A review with emphasis on underlying mechanisms and implications for health», *Psychological Bulletin*, nº 119, 1996, págs. 488-531.

82. E. A. Butler, B. Egloff, F. H. Wilhelm, N. C. Smith, E. A. Erickson y J. J. Gross, «The social consequences of expressive suppression», *Emotion*, nº 3, 2003, págs. 48-67.

83. Para una revisión, véase P. Niedenthal, L. Barsalou, F. Ric y S. Krauth-Graub, «Embodiment in the acquisition and use of emotion knowledge», en L. Barret, P. Niedenthal y P. Winkielman, comps., *Emotion and Consciousness*, Nueva York, Guilford Press, 2005.

84. N. Osaka, M. Osaka, M. Morishita, H. Kondo y H. Fukuyama, «A word expressing affective pain activates the anterior cingulate cortex in the human brain: An fMRI study», *Behavioral Brain Research*, nº 153, 2004, págs. 123-127.

85. I. G. Meister, T. Krings, H. Foltys, M. Müller, R. Töpper y A. Thron, «Playing piano in the mind— an fMRI study on music imagery and performance in pianists», *Cognitive Brain Research*, nº 19, 2004, págs. 219-228.

86. E. Phelps, K. O'Conner, J. Gatenby, C. Grillon, J. Gore y M. Davis, «Activation of the left amygdala to a cognitive representation of fear», *Nature Neuroscience*, nº 4, 2001, págs. 437-441.

87. B. M. Repacholi y A. Gopnik, «Early reasoning about desires: Evidence from 14- and 18- month-olds», *Developmental Psychology*, nº 33, 1997, págs. 12-21.

88. B. Keysar, S. Lin y D. J. Barr, «Limits on theory of mind in adults», *Cognition*, nº 89, 2003, págs. 25-41.

89. R. S. Nickerson, «How we know and sometimes misjudge what others know: Imputing one's own knowledge to others», *Psychological Bulletin*, nº 126, 1999, págs. 737-759.

90. J. D. Vorauer y M. Ross, «Self-awareness and feeling transparent: Failing to suppress one's self», *Journal of Experimental Psychology*, nº 35, 1999, págs. 414-440.

91. P. Ruby y J. Decety, «Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency», *Nature Neuroscience*, nº 4, 2001, págs. 546-550.

92. P. Ruby y J. Decety, «What you believe versus what you think they believe: A neuroimaging study of conceptual perspective taking», *European Journal of Neuroscience*, nº 17, 2003, págs. 2.475-2.480.

93. P. Ruby y J. Decety, «How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective taking with social emotions», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 16, 2004, págs. 988-999.

94. O. Blanke, S. Ortigue, T. Landis y M. Seeck, «Neuropsychology: Stimulating illusory own-body perceptions», *Nature*, nº 419, 2002, págs. 269-270.

95. O. Blanke y S. Arzy, «The out-of-body experience: Disturbed self-processing at the temporo-parietal junction», *Neuroscientist*, nº 11, 2005, págs. 16-24.

96. R. Saxe y N. Kanwisher, «People thinking about thinking people: The role of the temporo-parietal junction in "theory of mind"», en J. T. Cacioppo y G. G. Berntson, comps., *Social Neuroscience*, Nueva York, Psychology Press, 2005.

97. B. H. Price, K. R. Daffner, R. M. Stowe y M. M. Mesulam, «The compartmental learning disabilities of early frontal lobe damage», *Brain*, nº 113, 1990, págs. 1.383-1.393.

98. S. W. Anderson, A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel y A. R. Damasio, «Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex», *Nature Neuroscience*, nº 2, 1999, págs. 1.032-1.037.

99. P. L. Jackson, E. Brunet, A. N. Meltzoff y J. Decety, «Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how I feel versus how you feel pain», *Neuropsychologia*, nº 44, 2006, págs. 752-761.

100. J. P. Mitchell, C. N. Macrae y M. R. Banaji, «Dissociable medial prefrontal contributions to judgments of similar and dissimilar others», *Neuron*, nº 50, 2006, págs. 655-663.

101. S. Demoulin, R. R. Torres, A. R. Perez, J. Vaes, M. P. Paladino. R. Gaunt, B. C. Pozo y J. P. Leyens, «Emotional prejudice can lead to infra-humanisation», en W. Stroebe y M. Hewstone, comps., *European Review of Social Psychology*, vol. 15, Hove, UK, Psychology Press, 2004, págs. 259-296.

102. D. R. Ames, «Inside the mind reader's tool kit: Projection and stereotyping in mental state inference», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 87, 2004, págs. 340-353.

103. B. Hare, J. Call y M. Tomasello, «Chimpanzees deceive a human competitor by hiding», *Cognition*, nº 101, 2006, págs. 495-514.

104. M. D. Hauser, «Do chimpanzee copulatory calls incite male-male competition?», *Animal Behavior*, nº 39,1990, págs. 596-597.

105. D. Watts y J. Mitani, «Boundary patrols and intergroup encounters in wild chimpanzees», *Behaviour*, nº 138, 2001, págs. 299-327.

106. M. Wilson, M. D. Hauser y R. Wrangham, «Does participation in intergroup conflict depend on numerical assessment, range location, or rank for wild chimpanzees?», *Animal Behaviour*, nº 61, 2001, págs. 1.203-1.216.

107. L. A. Parr, «Cognitive and physiological markers of emotional awareness in chimpanzees, *Pan troglodytes*», *Animal Cognition*, nº 4, 2001, págs. 223-229.

108. J. I. Flombaum y L. R. Santos, «Rhesus monkeys attribute perceptions to others», *Current Biology*, nº 15, 2005, págs. 447-452.

109. L. R. Santos, J. I. Flombaum y W. Phillips, «The evolution of human mindreading: How nonhuman primates can inform social cognitive neuroscience», en S. M. Platek, J. P. Keenan y T. K. Shackelford, comps., *Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MA, MIT Press, 2007.

110. A. Miklósi, J. Topál y V. Csányi, «Comparative social cognition: What can dogs teach us?», *Animal Behaviour*, nº 67, 2004, págs. 995-1.004.

111. Para una revisión, véase B. Hare y M. Tomasello, «Human-like social skills in dogs?», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 9, 2005, págs. 439-444.

112. D. Belyaev, «Destabilizing selection as a factor in domestication», *Journal of Heredity*, nº 70, 1979, págs. 301-308.

## CAPÍTULO 6: ¿QUÉ HAY DEL ARTE?

1. E. Dissanayake, *What Is Art For?*, Seattle, University of Washington Press, 1988.

2. S. Pinker, *How the Mind Works*, Nueva York, W.W. Norton, 1997, pág. 195, (trad. cast.: *Cómo funciona la mente*, Barcelona, Destino, 2001).

3. C. J. Cela Conde y otros, «Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 101, 2004, págs. 6.321-6.325.

4. *American Heritage College Dictionary*, 3ª ed., Boston, Houghton Mifflin, 1993.

5. N. E. Aiken, *The Biological Origins of Art*, Wesport, CT, Praeger, 1998.

6. H. Kawabata y S. Zeki, «Neural correlates of beauty», *Journal of Neurophysiology*, nº 91, 2003, págs. 1.699-1.705.

7. G. Lindgaard y T. W. Whitfield, «Integrating aesthetics within an evolutionary and psychological framework», *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, nº 5, 2004, págs. 73-90.

8. D. A. Norman, «Introduction to this special section on beauty, goodness, and usability», *Human-Computer Interaction*, nº 19, 2004, págs. 311-318.

9. N. K. Humphrey, «The illusion of beauty», *Perception*, nº 2, 1973, págs. 429-439.

10. R. Reber, N. Schwarz y P. Winkielman, «Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience?», *Personality and Social Psychology Review*, nº 8, 2004, págs. 364-382.

11. Puede escucharse su descripción en <http://cdbaby.com/cd/lyonsgoodall>.

12. D. Morris, *The Biology of Art: A Study of the Picture-Making Behaviour of the Great Apes and Its Relationship to Human Art*, Nueva York, Alfred A. Knopf, 1962.

13. BBC News, 20 de junio de 2005.

14. K. D. Shick y N. Toth, *Making Silent Stones Speak: Human Evolution and the Dawn of Technology*, Nueva York, Simon & Schuster, 1993.

15. S. Mithen, «The evolution of imagination: An archaeological perspective», *Substance*, nº 30, 2001, págs. 28-54.

16. T. Wynn, «Handaxe enigmas», *World Archaelogy*, nº 27, 1995, págs. 10-24.

17. S. Mithen, «The evolution of imagination: An archaeological perspective», *Substance*, nº 30, 2001, págs. 28-54.

18. G. Miller, *The Mating Mind*, Nueva York, Doubleday, 2000.

19. J. Tooby y L. Cosmides, «Does beauty build adapted minds? Toward an evolutionary theory of aesthetics, fiction and the arts», *Substance*, nº 30, 2001, págs. 6-27.

20. A. Leslie, «Pretense and representation: The origins of "theory of mind"», *Psychological Review*, nº 94, 1987, págs. 412-426.

21. W. Thorpe, «The learning of song patterns by birds, with special reference to the song of the chaffinch, *Fringilla coelebs*», *Ibis*, nº 100, 1958, págs. 535-570.

22. C. R. Almli y F. Stanley, «Neural insult and critical period concepts», en M. H. Bornstein, comp. *Sensitive Periods in Development: Interdisciplinary Perspectives*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1987, págs. 123-143.

23. P. Boyer, «Specialised inference engines as precursors of creative imagination?», en I. Roth, comp., *Imaginative Minds*, Londres, Proceedings of the British Academy, 2007.

24. J. Carroll, «The adaptive function of literature», en V. Petrov, C. Martindale, P. Locher y V. M. Petrov, comps., *Evolutionary and Neurocognitive Approaches to Aesthetics, Creativity and the Arts*, Amityville, NY, Baywood Publishing, 2007.

25. J. Haidt, *The Hapiness Hypothesis: Finding Modern Truth in Ancient Wisdom*, Nueva York, Basic Books, 2006, (trad. cast.: *La hipótesis de la felicidad: la búsqueda de verdades modernas en la sabiduría antigua*, Barcelona, Gedisa, 2006).

26. N. Tractinsky, A. Cokhavi y M. Kirschenbaum, «Using ratings and response latencies to evaluate the consistency of immediate aesthetic perceptions of web pages», *Proceedgins of the Third Annual Workshop on HC I Research in MIS*, Washington, DC, 10-11 de diciembre de 2004.

27. J. Uduehi, «A cross cultural assessment of the Maitland-Graves design judgment test using U.S. and Nigerian subjects», *Visual Arts Research*, nº 13, 1995, págs. 11-18.

28. D. Humphrey, «Preferences in symmetries and symmetries in drawings: asymmetries between ages and sexes», *Empirical Studies of the Arts*, nº 15, 1997, págs. 41-60.

29. A. P. Møller y R. Thornhill, «Bilateral symmetry and sexual selection: A meta-analysis», *American Naturalist*, nº 15, 1998, págs. 174-192.

30. R. Thornhill y A. P. Møller, «Developmental stability, disease and medicine», *Biological Reviews*, nº 72, 1997, págs. 497-548.

31. D. I. Perrett, D. M. Burt, I. S. Penton-Voak, K. J. Lee, D. A. Rowland y R. Edwards, «Symmetry and human facial attractiveness», *Evolution and Human Behavior*, nº 20, 1999, págs. 295-307.

32. J. T. Manning, K. Koukourakis y D. A. Brodie, «Fluctuating asymmetry, metabolic rate and sexual selection in human males», *Evolution and Human Behavior*, nº 18, 1997, págs. 15-21.

33. R. Thornhill y S. W. Gangestad, «Human fluctuating asymmetry and sexual behavior», *Psychological Science*, nº 5, 1994, págs. 297-302.

34. S. W. Gangestad y R. Thornhill, «The evolutionary psychology of extra-pair sex: The role of fluctuating asymmetry», *Evolution and Human Behavior*, nº 18, 1997, págs. 69-88.

35. D. Scutt, J. T. Manning, G. H. Whitehouse, S. J. Leinster y C. P. Massey, «The relationship between breast asymmetry, breast size and ocurrence of breast cancer», *British Journal of Radiology*, nº 70, 1997, págs. 1.017-1.021.

36. J. T. Manning, D. Scutt, G. H. Whitehouse y S. J. Leinster, «Breast asymmetry and phenotypic quality in women», *Evolution and Human Behavior*, nº 18, 1997, págs. 223-236.

37. A. P. Møller, M. Soler y R. Thornhill, «Breast asymmetry, sexual selection, and human reproductive success», *Evolution and Human Behavior*, nº 16, 1995, págs. 207-219.

38. D. I. Perrett, D. M. Burt, I. S. Penton-Voak, K. J. Lee, D. A. Rowland y R. Edwards, «Symmetry and human facial attractiveness», *Evolution and Human Behavior*, nº 20, 1999, págs. 295-307.

39. R. Thornhill y S. W. Gangestad, «The scent of symmetry: A human sex pheromone that signals fitness», *Evolution and Human Behavior*, nº 20, 1999, págs. 175-201.

40. S. M. Hughes, M. A. Harrison y G. G. Gallup Jr., «The sound of symmetry: Voice as a marker of developmental instability», *Evolution and Human Behavior*, nº 23, 2002, págs. 173-178.

41. M. R. Cunningham, «Measuring the physical attractiveness: Quasi-experiments on the sociobiology of female facial beauty», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 50, 1986, págs. 923-935.

42. D. I. Perrett, K. A. May y S. Yoshikawa, «Facial shape and judgments of female atractiveness», *Nature*, nº 368, 1994, págs. 239-242.

43. J. H. Langlois, J. M. Ritter, L. A. Roggman y L. S. Vaughn, 1991, «Facial diversity and infant preferences for attractive faces», *Developmental Psychology*, nº 27, 1991, págs. 79-84.

44. M. J. Lawsmith, D. I. Perrett, B. C. Jones, R. E. Cornwell, F. R. Moore, D. R. Freinberg, L. G. Boothroyd y otros, «Facial appearance is a cue to oestrogen levels in women», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 273, 2006, págs. 1.435-1.440.

45. B. Moshe y M. Neta, «Humans prefer curved visual objects», *Psychological Science*, nº 17, 2006, págs. 645-648.

46. R. Latto, «The brain of the beholder», en R. Gregory, J. Harris, P. Heard y D. Rose, comps., *The Artful Eye*, Oxford, Oxford University Press, 2004, págs. 66-94.

47. J. Jastrow, «On the judgment of angles and positions of lines», *American Journal of Psychology*, nº 5, 1892, págs. 214-248.

48. R. Latto, «Do we like what we see?», en G. Malcolm, comp., *Multidisciplinary Approaches to Visual Representations and Interpretations*, Ámsterdam, Elsevier, 2004, págs. 345-356.

49. R. S. Ulrich, «Human responses to vegetation and landscapes», *Landscape and Urban Planning*, nº 13, 1986, págs. 29-44.

50. R. S. Ulrich, «Biophilia, biophobia and natural landscapes», en S. Kellert y E. O. Wilson, comps., *The Biophilia Hypothesis*, Washington D.C., Island Press, 1993, págs. 73-137.

51. R. S. Ulrich, «View through window may influence recovery from surgery», *Science*, nº 224, 1984, págs. 420-421.

52. J. D. Balling y J. H. Falk, «Development of visual preference for natural environments», *Environment and Behavior*, nº 14, 1982, págs. 5-28.

53. V. I. Lohr y C. H. Pearson-Mims, «Responses to scenes with spreading, rounded, and conical tree forms», *Environment and Behavior*, nº 38, 2006, págs. 667-688.

54. G. H. Orians, «Habitat selection: General theory and applications to human behavior», en J. S. Lockard, comp., *The Evolution of Human Social Behavior*, Ámsterdam, Elsevier, 1980.

55. R. P. Taylor, «Splashdown», *New Scientist*, nº 2.144, 1998, págs. 30-31.

56. J. Sprott, «Can a monkey with a computer create art?», *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, nº 8, 2004, págs. 103-114.

57. D. J. Aks y J. C. Sprott, «Quantifying aesthetic preference for chaotic patterns», *Empirical Studies of the Arts*, nº 14, 1996, págs. 1-19.

58. J. A. Wise y E. Rosenberg, «The effects of interior treatments on performance stress in three types of mental tasks», *Technical Report Space*, Sunnyvale, CA, Human Factors Office, NASA-ARC, 1986.

59. J. A. Wise y R. P. Taylor, «Fractal design strategies for enhancement of knowledge work environments», *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Meeting*, Baltimore, 2002.

60. B. Spehar, C. Clifford, B. Newell y R. P. Taylor, «Universal aesthetic of fractals», *Chaos and Graphics*, nº 37, 2004, págs. 813-820.

61. B. B. Mandelbrot, «Fractals and art for the sake of science», en M. Emmer, comp., *The Visual Mind*, Cambridge, MA, MIT Press, 2001.

62. R. P. Taylor, «Reduction of physiological stress using fractal art and architecture», *Leonardo*, nº 39, 2006, págs. 245-251.

63. C. Hagerhall, T. Purcell y R. P. Taylor, «Fractal dimension of landscape silhouette as a predictor for landscape preference», *Journal of Environmental Psychology*, nº 24, 2004, págs. 247-255.

64. M. D. Hauser y J. McDermott, «Thoughts on an empirical approach to the evolutionary origins of music», *Music Perception*, nº 24, 2006, págs. 111-116.

65. P. Marler, «Song learning: The interface between behavior and neuroethology», *Philosophical Transactions of The Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 329, 1990, págs. 109-114.

66. D. Brown, *Human Universals*, Nueva York, McGraw-Hill, 1991.

67. J. Blacking, *Music, Culture and Experience*, Chicago, University of Chicago Press, 1995.

68. A. P. Merriam, *The Anthropology of Music*, Chicago, Northwestern University Press, 1964.

69. D. Huron, «Is music an evolutionary adaptation?», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 930, 2001, págs. 43-61.

70. J. Zhang, G. Haarottle, C. Wang y Z. Kong, «Oldest playable musical instruments found at Jiahua early Neolithic site in China», *Nature*, nº 401, 1999, págs. 366-368.

71. E. H. Hagen y G. A. Bryant, «Music and dance as a coalition signaling system», *Human Nature*, nº 14, 2003, págs. 21-51.

72. T. Fitch, «On the biology and evolution of music», *Music Perception*, nº 24, 2006, págs. 85-88.

73. D. J. Levitin, «Absolute memory of musical pitch: Evidence from the production of learned melodies», *Perception & Psychophysics*, nº 56, 1994, págs. 414-423.

74. D. J. Levitin y P. R. Cook, «Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute», *Perception & Psychophysics*, nº 58, 1996, págs. 927-935.

75. S. E. Trehub, «Toward a developmental psychology of music», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 999, 2003, págs. 402-413.

76. A. A. Wright, J. J. Rivera, S. H. Hulse y otros, «Music perception and octave generalization in rhesus monkeys», *Journal of Experimental Psychology: General*, nº 129, 2000, págs. 291-307.

77. T. Gagnon, C. Hunse, L. Carmichael, F. Fellows y J. Patrick, «Human fetal responses to vibratory acoustic stimulation from twenty-six weeks to term», *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, nº 157, 1987, págs. 1.375-1.384.

78. S. Koelsch y W. A. Siebel, «Towards a neural basis of music perception», *Trends in Cognitive Science*, nº 9, 2005, págs. 578-584.

79. S. Koelsch, E. Kasper, D. Sammler, K. Schulze, T. Gunter y A. D. Friederici, «Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing», *Nature Neuroscience*, nº 7, 2004, págs. 302-307.

80. W. T. Fitch y M. D. Hauser, «Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate», *Science*, nº 303, 2004, págs. 377-380.

81. D. J. Levitin y V. Menon, «Musical structure is processed in "language" areas of the brain: A possible rôle for Brodmann area 47 in temporal coherence», *NeuroImage*, nº 20, 2003, págs. 2.142-2.152.

82. B. Tillmann, P. Janata y J. J. Bharucha, «Activation of the inferior frontal cortex in musical priming», *Cognitive Brain Research*, nº 16, 2003, págs. 145-161.

83. S. Koelsch, T. C. Gunter, D. Y. von Cramon, S. Zysset, G. Lohmann y A. D. Friederici, «Bach speaks: A cortical "language-network" serves the processing of music», *NeuroImage*, nº 17, 2002, págs. 956-966.

84. R. F. Voss y J. Clarke, «l/f noise in music and speech», *Nature*, nº 258, 1978, págs. 317-318.

85. B. de Coensel, D. Botterdooren y T. De Muer, «l/f noise in rural and urban soundscapes», *Acta Acoustica*, nº 89, 2003, págs. 287-295.

86. J. A. Garcia-Lazaro, B. Ahmed y J. W. H. Schnupp, «Turning to natural stimulus dynamics in primary auditory cortex», *Current Biology*, nº 7, 2006, págs. 264-271.

87. F. Rieke, D. A. Bodnar y W. Bialek, «Naturalistic stimuli increase the rate and efficiency of information transmission by primary auditory afferents», *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 262, 1995, págs. 259-265.

88. C. L. Krumhansl, «An exploratory study of musical emotions and psychophysiology», *Canadian Journal of Experimental Psychology*, nº 51, 1997, págs. 336-353.

89. J. Pancept, «The emotional sources of "chills" induced by music», *Music Perception*, nº 13, 1995, págs. 171-207.

90. A. Goldstein, «Thrills in response to music and other stimuli», *Physiological Psychology*, nº 8, 1980, págs. 126-129.

91. A. J. Blood y R. J. Zatorre, «Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 98, 2001, págs. 11.818-11.823.

92. F. G. Ashby, A. M. Isen y A. U. Turken, «A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition», *Psychology Review*, nº 106, 1999, págs. 529-550.

93. F. H. Rauscher, G. L. Shaw y K. N. Ky, «Music and spatial task performance», *Nature*, nº 365, 1993, pág. 611.

94. Para una revisión, véase E. G. Schellenberg, «Music and cognitive abilities», *Current Directions in Psychological Science*, nº 14, 2005, págs. 317-320.

95. S. M. Barnett y S. J. Ceci, «When and where do we apply what we learn? A taxonomy for transfer», *Psychological Bulletin*, nº 128, 2002, págs. 612-637.

96. E. G. Schellenberg, «Music lessons enhance IQ», *Psychological Science*, nº 15, 2004, págs. 511-514.

97. T. Elbert, C. Pantev, C. Wienbruch, B. Rockstroh y E. Taub, «Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players», *Science*, nº 270, 1995, págs. 305-307.

98. C. Gaser y G. Schlaug, «Brain structures differ between musicians and non-musicians», *Journal of Neuroscience*, nº 23, 2003, págs. 9.240-9.245.

99. H. J. Neville, datos no publicados, comunicación personal.

100. M. R. Rueda, M. K. Rothbart, B. D. McCandliss, L. Saccomanno y M. I. Posner, «Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 102, 2005, págs. 14.931-14.936.

101. A. Norton, E. Winner, K. Cronin y otros, «Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers of musical ability?», *Brain and Cognition*, nº 59, 2005, págs. 124-134.

102. G. Schlaug, A. Norton, K. Overy y E. Winner, «Effects of music training on the child's brain and cognitive development», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.060, 2005, págs. 219-230.

103. Comunicación personal.

## CAPÍTULO 7: TODOS NOS COMPORTAMOS COMO DUALISTAS: LA FUNCIÓN DE LA CONVERSIÓN

1. J. L. Barrett, *Why Would Anyone Believe in God?*, Walnut Creek, CA, Altamira Press, 2004.

2. S. Atran, *Cognitive Foundations of Natural History: Towards an Anthropology of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.

3. S. Pinker, *How the Mind Works*, Nueva York, W. W. Norton, 1997, pág. 195, (trad. cast.: *Cómo funciona la mente*, Barcelona, Destino, 2001).

4. S. A. Gelman y H. M. Wellman, «Insides and essences: Early understanding of the non-obvious», *Cognition*, nº 38, 1991, págs. 213-244.

5. S. Atran, «Folk biology and the anthropology of science: Cognitive universals and cultural particulars», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 21, 1998, págs. 547-609.

6. A. Caramazza y J. R. Shelton, «Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 10, 1998, págs. 1-34.

7. P. Boyer y C. Barrett, «Evolved intuitive ontology: Integrating neural, behavioral and developmental aspects of domain-specificity», en D. M. Buss, comp., *The Handbook of Evolutionary Psychology*, Nueva York, Wiley, 2005, págs. 200-223.

8. H. C. Barrett, «Adaptations to predators and prey», en D. M. Buss, comp., *The Handbook of Evolutionary Psychology*, Nueva York, Wiley, 2005, págs. 200-223.

9. R. G. Coss, K. L. Guse, N. S. Poran y D. G. Smith, «Development of anti-snake defenses in California ground squirrels (*Spermophilus beecheyi*), II: Microevolu-

tionary effects of relaxed selection from rattlesnakes», *Behaviour*, nº 124, 1993, págs. 137-164.

10. D. T. Blumstein, J. C. Daniel, A. S. Griffin y C. S. Evans, «Insular tammar wallabies (*Macropus eugenii*) respond to visual but not acoustic cues from predators», *Behavioral Ecology*, nº 11, 2000, págs. 528-535.

11. R. Fox y M. McDaniel, «The perception of biological motion by human infants», *Science*, nº 218, 1982, págs. 486-487.

12. A. Schlottmann y L. Surian, «Do 9-month-olds perceive causation-at-a-distance?», *Perception*, nº 28, 1999, págs. 1.105-1.113.

13. G. Csibra, G. Gergely, S. Bíró, O. Koós y M. Brockbank, «Goal attribution without agency cues: The perception of "pure reason" in infancy», *Cognition*, nº 72, 1999, págs. 237-267.

14. G. Csibra, S. Bíró, O. Koós y G. Gergely, «One-year-old infants use teleological representations of actions productively», *Cognitie Psychology*, nº 27, 2003, págs. 111-133.

15. S. A. Gelman, J. D. Coley, K. S. Rosengren, E. Hartman, A. Pappas y F. C. Keil, «Beyond labeling: The role of maternal input in the acquisition of richly structured categories», *Monographs of the Society for Research in Child Development*, nº 63, 1998, págs. 1-157.

16. P. Bloom, *Descartes' Baby*, Nueva York, Basic Books, 2004.

17. J. Vonk y D. J. Povinelli, «Similarity and difference in the conceptual systems of primates: The unobservability hypothesis», en E. Wasserman y T. Zentall, comps., *Comparative Cognition: Experimental Explorations of Animal Intelligence*, Oxford, Oxford University Press, 2006, págs. 363-387.

18. R. E. Baillargeon, E. Spelke y S. Wasserman, «Object permanence in five-month-old infants», *Cognition*, nº 20, 1985, págs. 191-208.

19. E. S. Spelke, «Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory», en S. Carey y R. Gelman, comps., *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1991, págs. 133-169.

20. E. S. Spelke, «Initial knowledge: Six suggestions», *Cognition*, nº 50, 1994, págs. 443-447.

21. R. Baillargeon, «The acquisition of physical knowledge in infancy: A summary in eight lessons», en U. Goswami, comp., *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*, Malden, MA, Blackwell, 2002.

22. T. R. Shultz, E. Altmann y J. Asselin, «Judging causal priority», *British Journal of Developmental Psychology*, nº 4, 1986, págs. 67-74.

23. W. Kohler, *The Mentality of Apes*, Nueva York, Liveright, 1925.

24. M. Tomasello, «Uniquely primate, uniquely human», *Developmental Science*, nº 1, 1998, págs. 1-16.

25. D. J. Povinelli, *Folk Physics for Apes: The Chimpanzee's Theory of How the World Works*, Oxford, Oxford University Press, 2000, (ed. rev., 2003).

26. P. Bloom, «Intention, history and artifact concepts», *Cognition*, nº 60, 1996, págs. 1-29.

27. C. J. Moore y C. J. Price, «A functional neuroimaging study of the variables that generate category-specific object processing differences», *Brain*, nº 122, 1999, págs. 943-962.

28. A. Mecklinger, C. Gruenewald, M. Besson, M.-N. Magnié y D. Y. von Cramon, «Separable neuronal circuitries for manipulable and non-manipulable objects in working memory», *Cerebral Cortex*, nº 12, 2002, págs. 1.115-1.123.

29. F. Heider y M. Simmel, «An experimental study of apparent behavior», *American Journal of Psychology*, nº 57, 1944, págs. 243-259.

30. D. Kelemen, «The scope of teleological thinking in preschool children», *Cognition*, nº 70, 1999, págs. 241-272.

31. D. Kelemen, «Why are rocks pointy? Children's preference for teleological explanations of the natural world», *Developmental Psychology*, nº 35, 1999, págs. 1.440-1.453.

32. D. Kelemen, «British and american children's preference for teleo-functional explanations of the natural world», *Cognition*, nº 88, 2003, págs. 201-221.

33. D. Kelemen, «Function, goals, and intention: Children's teleological reasoning about objects», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 3, 1999, págs. 461-468.

34. G. Gergely y G. Csibra, «Teleological reasoning in infancy: The naïve theory of rational action», *Trends in Cognitive Sciences*, nº 7, 2003, págs. 287-292.

35. D. J. Povinelli, «Behind the ape's appearance: Escaping anthropocentrism in the study of other minds», *Daedalus*, nº 133, invierno de 2004, págs. 29-41.

36. D. J. Povinelli y S. Dunphy-Lelii, «Do chimpanzees seek explanations? Preliminary comparative investigations», *Canadian Journal of Experimental Psychology*, nº 52, 2001, págs. 93-101.

37. D. J. Povinelli, J. Bering y S. Giambrone, «Toward a science of other minds: Escaping the argument by analogy», *Cognitive Science*, nº 24, 2001, págs. 509-541.

38. K. Wynn, «Addition and subtraction by human infants», *Nature*, nº 358, 1992, págs. 749-750.

39. A. Klin, «Attributing social meaning to ambiguous visual stimuli in higher-functioning autism and Asperger syndrome: The social attribution task», *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, nº 41, 2000, págs. 831-846.

40. K. Pierce, R. A. Muller, J. Ambrose, G. Allen, y E. Courchenese, «Face processing occurs outside the fusiform "face area" in autism: Evidence from functional fMRI», *Brain*, nº 124, 2001, págs. 2.059-2.073.

41. R. T. Schultz, I. Gauthier, A. Klin, R. K. Fulbright, A. W. Anderson, F. Volkmar y otros, «Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome», *Archives of General Psychiatry*, nº 57, 2000, págs. 331-340.

42. I. Tattersall, *Becoming Human*, Nueva York, Harcourt Brace, 1998, (trad. cast.: *Hacia el ser humano: la singularidad del hombre y la evolución*, Barcelona, Península, 1998).

43. K. McComb, L. Baker y C. Moss, «African elephants show high levels of interest in the skulls and ivory of their own species», *Biology Letters*, nº 2, 2006, págs. 26-28.

44. C. Moss, *Elephant Memories: Thirteen Years of Life in an Elephant Family*, Nueva York, William Morrow, 1988, (trad. cast.: *Los elefantes*, Barcelona, Plaza y Janés, 1992).

45. J. Evans y J. Curtis-Holmes, «Rapid responding increases belief bias: Evidence for the dual process theory of reasoning», *Thinking and Reasoning*, nº 11, 2005, págs. 382-389.

## CAPÍTULO 8: ¿HAY ALGUIEN AHÍ?

1. S. Dehaene y L. Naccache, «Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a workspace framework», *Cognition*, nº 79, 2001, págs. 1-37.

2. M. S. Gazzaniga, J. E. LeDoux y D. H. Wilson, «Language, praxis, and the right hemisphere: Clues to some mechanisms of consciousness», *Neurology*, nº 27, 1977, págs. 1.144-1.147.

3. J. R. Searle, «How to study consciousness scientifically», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, nº 353, 1998, págs. 1.935-1.942.

4. A. Zeman, «Consciousness», *Brain*, nº 124, 2001, págs. 1.263-1.289.

5. A. Moran, «Levels of consciousness and self-awareness: A comparison and integration of various neurocognitive views», *Consciousness and Cognition*, nº 15, 2006, págs. 358-371.

6. A. Damasio, *The Feeling of What Happens*, Nueva York, Harcourt Brace, 1999, (trad. cast.: *La sensación de lo que ocurre*, Barcelona, Debate, 2001).

7. J. Parvizi y A. Damasio, «Consciousness and the brainstem», *Cognition*, nº 79, 2001, págs. 135-160.

8. J. Bogen, «On the neurophysiology of consciousness, I: An overview», *Consciousness and Cognition*, nº 4, 1995, págs. 52-62.

9. J. M. Allman, A. Hakeem, E. N. Erwin y P. Hof, «The anterior cingulate cortex: The evolution of an interface between emotion and cognition», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 935, 2001, págs. 107-117.

10. A. D. Baddeley, *Working Memory*, Oxford, Clarendon Press, 1986.

11. T. Shallice, *From Neuropsychology to Mental Structure*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

12. M. I. Posner, «Attention: The mechanisms of consciousness», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 91, 1994, págs. 7.398-7.403.

13. M. I. Posner y S. Dehaene, «Attentional networks», *Trends in Neuroscience*, nº 17, 1994, págs. 75-79.

14. B. J. Baars, *A Cognitive Theory of Consciousness*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.

15. G. Tonini y G. M. Edelman, «Consciousness and complexity», *Science*, nº 282, 1998, págs. 1.846-1.851.

16. S. Dehaene y J.-P. Changeux, «Ongoing spontaneous activity controls access to consciousness: A neuronal model for inattentional blindness», *Public Library of Science: Biology*, nº 3, 2005, pág. e141.

17. S. Dehaene y J.-P. Changeux, «Neural mechanisms for access to consciousness», en M. S. Gazzaniga, comp., *The Cognitive Neurosciences*, vol. 3, Cambridge, MA, MIT Press, 2004.

18. J. Driver y P. Vuilleumier, «Perceptual awareness and its loss in unilateral neglect and extinction», *Cognition*, nº 79, 2001, págs. 39-88.

19. E. Bisiach y B. Luzzatti, «Unilateral neglect of representational space», *Cortex*, nº 14, 1978, págs. 129-133.

20. P. W. Halligan y J. C. Marshall, «Neglect of awareness», *Consciousness and Cognition*, nº 7, 1998, págs. 356-380.

21. R. McGlinchey-Berroth, W. P. Milberg, M. Verfaellie, M. Alexander y P. Kilduff, «Semantic priming in the neglected field: Evidence from a lexicon decision task», *Cognitive Neuropsychology*, nº 10, 1993, págs. 79-108.

22. F. Aboitiz, A. B. Scheibel, R. S. Fisher y E. Zaidel, «Fiber composition of the human corpus callosum», *Brain Research*, nº 598, 1992, págs. 143-153.

23. W. P. van Wagenen y R. Y. Herren, «Surgical division of commissural pathways in the corpus callosum: Relation to spread of an epileptic seizure», *Archives of Neurology and Psychiatry*, nº 44, 1940, págs. 740-759.

24. A. J. Akelatis, «Studies on the corpus callosum: Higher visual functions in each homonymous field following complete section of the corpus callosum», *Archives of Neurology and Psychiatry*, nº 45, 1941, pág. 788.

25. M. S. Gazzaniga, J. E. Bogen y R. Sperry, «Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 48, 1962, págs. 1.756-1.769.

26. R. Sperry, «Consciousness, personal identity and the divided brain», *Neuropsychologia*, nº 22, 1984, págs. 661-673.

27. M. Kutas, S. A. Hillyard, B. T. Volpe y M. S. Gazzaniga, «Late positive event-related potentials after commisural section in humans», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 2, 1990, págs. 258-271.

28. M. S. Gazzaniga, J. E. Bogen y R. Sperry, «Dyspraxia following division of the cerebral commisures», *Archives of Neurology*, nº 16, 1967, págs. 606-612.

29. M. S. Gazzaniga y C. S. Smylie, «Hemispheric mechanisms controlling voluntary and spontaneous facial expressions», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 2, 1990, págs. 239-245.

30. J. T. Enns y A. Kingstone, «Hemispheric cooperation in visual search: Evidence from normal and split-brain observers», en S. Christman, comp., *Cerebral*

*Asymmetries in Sensory and Perceptual Processes*, Ámsterdam, North-Holland, 1997, págs. 197-231.

31. A. Kingstone, M. Grabowecky, G. R. Mangun, M. A. Valsangkar y M. S. Gazzaniga, «Paying attention to the brain: The study of selective visual attention in cognitive neuroscience», en J. Burak y J. T. Enns, comps., *Attention, Development, and Psychopathology*, Nueva York, Guilford Press, 1997, págs. 263-287.

32. A. Kingstone, C. K. Friesen y M. S. Gazzaniga, «Reflexive joint attention depends on lateralized cortical connections», *Psychological Science*, nº 11, 2000, págs. 159-166.

33. J. D. Holtzman y M. S. Gazzaniga, «Dual task interactions due exclusively to limits in processing resources», *Science*, nº 218, 1982, págs. 1.325-1.327.

34. G. R. Mangun, S. J. Luck, R. Plager, W. Loftus, S. A. Hillyard, V. P. Clark y otros, «Monitoring the visual world: Hemispheric asymmetries and subcortical processes in attention», *Journal of Cognitive Neuroscience*, nº 6, 1994, págs. 267-275.

35. G. Berlucchi, G. R. Mangun y M. S. Gazzaniga, «Visuospatial attention and the split brain», *News in Physiological Sciences*, nº 12, 1997, págs. 226-231.

36. M. C. Corballis, «Visual integration in the split brain» [revisión], *Neuropsychologia*, nº 33, 1995, págs. 937-959.

37. R. D. Nass y M. S. Gazzaniga, «Cerebral lateralization and specialization of human central nervous system», en V. B. Mountcastle, F. Plum y S. R. Geiger, comps., *Handbook of Physiology*, sección 1, vol. 5, parte 2, Bethesda, MD, American Physiological Society, 1987, págs. 701-761.

38. E. Zaidel, «Language functions in the two hemispheres following complete cerebal commissurotomy and hemispherectomy», en F. Boller y J. Grafman, comps., *Handbook of Neuropsychology*, vol. 4, Ámsterdam, Elsevier, 1991, págs. 115-150.

39. M. S. Gazzaniga, «On neural circuits and cognition» [revisión], *Neural Computation*, nº 7, 1995, págs. 1-12.

40. G. Wolford, M. B. Miller y M. S. Gazzaniga, «The left hemisphere's role in hypothesis formation», *Journal of Neuroscience*, nº 20, 2000, RC64.

41. M. B. Miller y M. Valsangkar-Smyth, «Probability matching in the right hemisphere», *Brain and Cognition*, nº 57, vol. 2, 2005, págs. 165-167.

42. G. Wolford, M. B. Miller y M. S. Gazzaniga, «Split decisions», en M. S. Gazzaniga, comp., *The Cognitive Neurosciences*, vol. 3, Cambridge, MA, MIT Press, 2004, págs. 1.189-1.199.

43. S. Schachter y J. E. Singer, «Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state», *Psychology Review*, nº 69, 1962, págs. 379-399.

44. E. A. Phelps y M. S. Gazzaniga, «Hemispheric differences in mnemonic processing: The effects of left hemisphere interpretation», *Neuropsychologia*, nº 30, 1992, págs. 293-297.

45. J. Metcalfe, M. Funnell y M. S. Gazzaniga, «Right-hemisphere memory superiority: Studies on a split-brain patient», *Psychological Science*, nº 6, 1995, págs. 157-164.

46. J. M. Doran, «The Capgras syndrome: Neurological/neuropsychological perspectives», *Neuropsychology*, nº 4, 1990, págs. 29-42.

47. J. F. Kihlstrom y S. B. Klein, «Self-knowledge and self-awareness», en J. D. Snodgrass y R. L. Thompson, comps., «The Self across psychology: Self-recognition, self-awareness, and the self concept», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 818, 1997, págs. 5-17.

48. P. Boyer, P. Robbins y A. I. Jack, «Varieties of self-systems worth having: Introduction to a special issue on "the brain and its self"», *Consciousness and Cognition*, nº 14, 2005, págs. 647-660.

49. S. J. Gillihan y M. J. Farah, «Is self special? A critical review of evidence from experimental psychology and cognitive neuroscience», *Psychological Bulletin*, nº 131, 2005, págs. 76-97.

50. T. B. Rogers, N. A. Kuiper y W. S. Kirker, «Self-reference and the encoding of personal information», *Journal of Personality and Social Psychology*, nº 35, 1977, págs. 677-688.

51. E. Tulving, *Elements of Episodic Memory*, Nueva York, Oxford University Press, 1983.

52. E. Tulving, «Memory and consciousness», *Canadian Psychology*, nº 26, 1985, págs. 1-12.

53. E. Tulving, «What is episodic memory?», *Current Directions in Psychological Science*, nº 2, 1993, págs. 67-70.

54. E. Tulving, «Episodic memory and autonoesis: Uniquely human?», en H. S. Terrace y J. Metcalfe, comps., *The Missing Link in Cognition*, Nueva York, Oxford University Press, 2005, págs. 3-56.

55. P. J. Bauer y S. S. Wewerka, «One- to two-year-olds' recall of events: The more expressed, the more impressed», *Journal of Experimental Child Psychology*, nº 59, 1995, págs. 475-496.

56. J. Perner y T. Ruffman, «Episodic memory and autonoetic consciousness: Developmental evidence and a theory of childhood amnesia», *Journal of Experimental Child Psychology*, nº 59, 1995, págs. 516-418.

57. M. A. Wheeler, D. T. Stussl y E. Tulving, «Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness», *Psychological Bulletin*, nº 121, 1997, págs. 331-354.

58. W. J. Friedman, «The development of children's memory for the time of past events», *Child Development*, nº 62, 1991, págs. 139-155.

59. W. J. Friedman, A. G. Gardner y N. R. Zubin, «Children's comparisons of the recency of two events from the past year», *Child Development*, nº 66, 1995, págs. 970-983.

60. Para un resumen, véase S. Klein, «Knowing one's self», en M. S. Gazzaniga, comp., *The Cognitive Neurosciences*, vol. 3, Cambridge, MA, MIT Press, 2004, págs. 1.077-1.089.

61. S. H. Babey, S. Queller y S. B. Klein, «The role of expectancy violating beha-

viors in the representation of trait-knowledge: A summary-plus-exception model of social memory», *Social Cognition*, nº 16, 1998, págs. 287-339.

62. A. Morin, «Right hemispheric self-awareness: A critical assessment», *Consciousness and Cognition*, nº 11, 2002, págs. 396-401.

63. M. A. Conway, C. W. Pleydell-Pearce y S. E. Whitecross, «The neuroanatomy of autobiographical memory: A slow cortical potential study of autobiographical memory retrieval», *Journal of Memory and Language*, nº 45, 2001, págs. 493-524.

64. M. A. Conway, C. W. Pleydell-Pearce, S. E. Whitecross y H. Sharpe, «Brain imaging autobiographical memory», *Psychology of Learning and Motivation*, nº 41, 2002, págs. 229-264.

65. M. A. Conway, C. W. Pleydell-Pearce, S. E. Whitecross y H. Sharpe, «Neurophysiological correlates of memory for experienced and imagined events», *Neuropsychologia*, nº 41, 2003, págs. 334-340.

66. D. J. Turk, T. F. Heatherton, C. N. Macrae, W. M. Kelley y M. S. Gazzaniga, «Out of contact, out of mind: The distributed nature of self», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.001, 2003, págs. 65-78.

67. M. S. Gazzaniga, «One brain – two minds?», *American Scientist*, nº 60, 1972, págs. 311-317.

68. M. S. Gazzaniga y C. S. Smylie, «Facial recognition and brain asymmetries: Clues to underlying mechanisms», *Annals of Neurology*, nº 13, 1983, págs. 536-540.

69. E. DeRenzi, «Prosopagnosia in two patients with CT scan evidence of damage confined to the right hemisphere», *Neuropsychologia*, nº 24, 1986, págs. 385-389.

70. T. Landis, J. L. Cummings, L. Christen, J. E. Bogen y H. G. Imhof, «Are unilateral right posterior cerebral lesions sufficient to cause prosopagnosia? Clinical and radiological findings in six additional patients», *Cortex*, nº 22, 1986, págs. 243-252.

71. F. Michel, M. Poncet y J. L. Signoret, «Les lesions responsables de la prosopagnosie sont-elles toujours bilateral», *Revue Neurologique*, París, nº 145, 1989, págs. 764-770.

72. Y. Wada y T. Yamamoto, «Selective impairment of facial recognition due to a haematoma restricted to the right fusiform and lateral occipital region», *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, nº 71, 2001, págs. 254-257.

73. A. M. Whiteley y E. K. Warrington, «Prosopagnosia: A clinical, psychological, and anatomical study of three patients», *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, nº 40, 1977, págs. 395-403.

74. J. P. Keenan, A. Nelson, M. O'Connor y A. Pascual-Leone, «Neurology: Self recognition and the night hemisphere», *Nature*, nº 409, 2001, pág. 305.

75. J. P. Keenan y otros, «Left hand advantage in a self-face recognition task», *Neuropsychologia*, nº 37, 1999, págs. 1.421-1.425.

76. J. P. Keenan, G. Ganis, S. Freund y A. Pascual-Leone, «Self-face identification is increased with left hand responses», *Laterality*, nº 5, 2000, págs. 259-268.

77. E. A. Maguire y C. J. Mummery, «Differential modulation of a common

memory retrieval network revealed by positron emission tomography», *Hippocampus*, nº 9, 1999, págs. 54-61.

78. M. A. Conway y otros, «A positron emission tomography (PET) study of autobiographical memory retrieval», *Memory*, nº 7, 1999, págs. 679-702.

79. M. A. Conway y C. W. Pleydell-Pearce, «The construction of autobiographical memories in the self-memory system», *Psychology Review*, nº 107, 2000, págs. 261-288.

80. D. J. Turk, «Mike or me? Self-recognition in a split-brain patient», *Nature Neuroscience*, nº 5, 2002, págs. 841-842.

81. J. W. Cooney y M. S. Gazzaniga, «Neurologic disorders and the structure of human consciousness», *Trends in Cognitive Science*, nº 7, 2003, págs. 161-164.

82. Para una revisión de diferentes teorías sobre los componentes de la conciencia, véase A. Morin, «Levels of consciousness and self-awareness: A comparison and integration of various neurocognitive views», *Consciousness and Cognition*, nº 15, 2006, págs. 358-371.

83. M. Hauser, *Wild Minds*, Nueva York, Henry Holt, 2000, pág. 93, (trad. cast.: *Mentes salvajes: ¿Qué piensan los animales?*, Barcelona, Granica, 2002, pág. 139).

84. J. M. Mateo, «The nature and representation of individual recognition cues in Belding's ground squirrels», *Animal Behaviour*, nº 71, 2006, págs. 141-154.

85. G. G. Gallup Jr., «Chimpanzees: Self-recognition», *Science*, nº 2, 1970, págs. 86-87.

86. K. B. Swartz y S. Evans, «Not all chimpanzees (*Pan troglodytes*) show self-recognition», *Primates*, nº 32, 1991, págs. 583-596.

87. D. J. Povinelli, A. R. Rulf, K. Landau y D. T. Bierschwale, «Self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*): Distribution, ontogeny, and patterns of emergence», *Journal of Comparative Psychology*, nº 107, 1993, págs. 347-372.

88. M. W. de Veer, G. G. Gallup Jr., L. A. Theall, R. van den Bos y D. J. Povinelli, «An 8-year longitudinal study of mirror self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*)», *Neuropsychologia*, nº 41, 2003, págs. 229-234.

89. S. D. Suarez y G. G. Gallup Jr., «Self-recognition in chimpanzees and orangutans, but not gorillas», *Journal of Human Evolution*, nº 10, 1981, págs. 175-188.

90. K. B. Swartz, «What is mirror self-recognition in nonhuman primates, and what is it not?», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 818, 1997, págs. 64-71.

91. D. Reiss y L. Marino, «Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 98, 2001, págs. 5.937-5.942.

92. J. Barth, D. J. Povinelli y J. G. H. Cant, «Bodily origins of self», en D. Beike, J. Lampinen y D. Behrend, comps., *Self and Memory*, Nueva York, Psychology Press, 2004.

93. D. J. Povinelli, «Failure to find self-recognition in Asian elephants (*Elephas maximus*) in contrast to their use of mirror cues to discover hidden food», *American Journal of Comparative Psychology*, nº 103, 1989, págs. 122-131.

94. J. M. Plotnik, F. B. M. de Waal y D. Reiss, «Self-recognition in an Asian elephant», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 103, 2006, págs. 17.053-17.057.

95. B. K. Amsterdam, «Mirror self-image reactions before age two», *Developmental Psychobiology*, nº 5, 1972, págs. 297-305.

96. G. G. Gallup Jr., «Self-awareness and the emergence of mind in primates», *American Journal of Primatology*, nº 2, 1982, págs. 237-248.

97. R. W. Mitchell, «Kinesthetic-visual matching and the self-concept as explanations of mirror self-recognition», *Journal for the Theory of Social Behavior*, nº 27, 1997, págs. 101-123.

98. R. W. Mitchell, «Multiplicities of self», en S. T. Parker, R. W. Mitchell y M. L. Boccia, comps., *Self-awareness in Animals and Humans*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

99. D. J. Povinelli y J. G. H. Cant, «Arboreal clambering and the evolution of self-conception», *Quarterly Review of Biology*, nº 70, 1995, págs. 393-421.

100. J. Call, «The self and other: A missing link in comparative social cognition», en H. S. Terrace y J. Metcalfe, comps., *The Missing Link in Cognition*, Oxford, Oxford University Press, 2004.

101. D. J. Povinelli, K. R. Landau y H. K. Perilloux, «Self-recognition in young children using delayed versus live feedback: Evidence of a developmental asynchrony», *Child Development*, nº 67, 1996, págs. 1.540-1.554.

102. T. Suddendorf y M. C. Corballis, «Mental time travel and the evolution of the human mind», *Genetic Psychology Monographs*, nº 123, 1997, págs. 133-167.

103. W. A. Roberts, «Are animals stuck in time?», *Psychological Bulletin*, nº 128, 2002, págs. 473-489.

104. N. S. Clayton y A. Dickinson, «Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays», *Nature*, nº 395, 1998, págs. 272-274.

105. N. S. Clayton y A. Dickinson, «Memory for the content of caches by scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*)», *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, nº 25, 1999, págs. 82-91.

106. N. S. Clayton y A. Dickinson, «Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) remember the relative time of caching as well as the location and content of their caches», *Journal of Comparative Psychology*, nº 113, 1999, págs. 403-416.

107. N. S. Clayton, K. S. Yu y A. Dickinson, «Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) form integrated memories of the multiple features of caching episodes», *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, nº 27, 2001, págs. 17-29.

108. N. S. Clayton, K. S. Yu y A. Dickinson, «Interacting cache memories: Evidence for flexible memory use by western scrub-jays (*Aphelocoma californica*)», *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, nº 29, 2003, págs. 14-22.

109. A. Reiner y otros, «The Avian Brain Nomenclature Forum: Terminology for a new century in comparative neuroanatomy», *Journal of Comparative Neuroanatomy*, nº 473, 2004, págs. E1-E6.

110. A. M. Butler y R. M. J. Cotterill, «Mammalian and avian neuroanatomy and the question of consciousness in birds», *Biological Bulletin*, nº 211, 2006, págs. 106-127.

111. B. L. Schwartz, «Do nonhuman primates have episodic memory?», en H. S. Terrace y J. Metcalfe, comps., *The Missing Link in Cognition*, Oxford, Oxford University Press, 2004.

112. J. M. Dally, N. J. Emery y N. S. Clayton, «Food-caching western scrub-jays keep track of who was watching when», *Science*, nº 312, 2006, págs. 1.662-1.665.

113. N. J. Emery y N. S. Clayton, «Effects of experience and social context on prospective caching strategies in scrub-jays», *Nature*, nº 414, 2001, págs. 443-446.

114. N. J. Mulcahy y J. Call, «Apes save tool for future use», *Science*, nº 312, 2006, págs. 1.038-1.040.

115. T. Suddendorf, «Foresight an evolution of the human mind», *Science*, nº 312, 2006, págs. 1.006-1.007.

116. J. D. Smith, W. E. Shields, J. Schull y D. A. Washburn, «The uncertain response in humans and animals», *Cognition*, nº 62, 1997, págs. 75-97.

117. J. D. Smith, J. Schull, J. Strote, K. McGee, R. Egnor y L. Erb, «The uncertain response in the bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*)», *Journal of Experimental Psychology: General*, nº 124, 1995, págs. 391-408.

118. J. D. Smith, W. E. Shields y D. A. Washburn, «The comparative psychology of uncertainty monitoring and metacognition», *Behavioral and Brain Sciences*, nº 26, 2003, págs. 317-339; discusión, págs. 340-373.

119. D. Browne, «Do dolphins know their own minds?», *Biology and Philosophy*, nº 19, 2004, págs. 633-653.

120. A. L. Foote y J. D. Crystal, «Metacognition in the rat», *Current Biology*, nº 17, 2007, págs. 551-555.

121. J. Call, «Inferences about the location of food in the great apes», *Journal of Comparative Psychology*, nº 118, 2004, págs. 232-241.

122. J. Call y M. Carpenter, «Do apes and children know what they have seen?», *Animal Cognition*, nº 4, 2001, págs. 207-220.

## CAPÍTULO 9: ¿QUIÉN QUIERE CARNE?

1. <www.ethologic.com/sasha/articles/Cyborgs.rtf>.

2. R. Kurzweil, *The Singularity is Near*, Nueva York, Viking, 2005.

3. H. Markram, «The blue brain project», *Nature Reviews. Neuroscience*, nº 7, 2006, págs. 153-160.

4. V. D. Chase, *Shattered Nerves: How Science Is Solving Modern Medicine's Most Perplexing Problem*, Baltimore, John Hopkins University Press, 2006, págs. 266-268.

5. D. Bodanis, *Electric Universe: The Schocking True Story of Electricity*, Nueva York, Crown, 2004, pág. 199, (trad. cast.: *El universo electrónico: la sorprendente aventura de la electricidad*, Barcelona, Planeta, 2006).

6. H. Horgan, «The forgotten era of brain chips», *Scientific American*, nº 290, vol. 4, octubre de 2005, págs. 66-73.

7. M. E. Clynes y N. S. Kline, «Cyborgs and space», *Astronautics*, American Rocket Society, septiembre de 1960.

8. M. Chorost, *Rebuilt: My Journey Back to the Hearing World*, Nueva York, Houghton Mifflin, 2005.

9. R. A. Brooks, *Flesh and Machines*, Nueva York, Pantheon, 2002, (trad. cast.: *Cuerpos y máquinas: de los robots humanos a los hombres robot*, Barcelona, Ediciones B, 2003).

10. P. R. Kennedy y R. A. Bakay, «Restoration of neural output from a paralyzed patient by a direct brain connection», *NeuroReport*, nº 9, 1998, págs. 1.707-1.711.

11. P. R. Kennedy, R. A. E. Bakay, M. M. Moore, K. Adams y J. Goldwaithe, «Direct control of a computer from the human central nervous system», *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, nº 8, 2000, págs. 198-202.

12. J. P. Donoghue, «Connecting cortex to machines: Recent advances in brain interfaces», *Nature Neuroscience*, nº 5 (suplemento), 2002, págs. 1.085-1.088.

13. A. Abbott, «Neuroprosthetics: In search of the sixth sense», *Nature*, nº 442, 2006, págs. 125-127.

14. P. Fromherz y otros, «A neuron-silicon junction: A Retzius cell of the leech on an insulated-gate field effect transistor», *Science*, nº 252, 1991, págs. 1.290-1.292.

15. P. Fromherz, «Three levels of neuroelectronic interfacing: Silicon chips with ion channels, nerve cells, and brain tissue», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.093, 2006, págs. 143-160.

16. L. R. Hochberg y otros, «Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia», *Nature*, nº 442, 2006, págs. 164-171.

17. A. P. Georgopoulos, J. F. Kalaska, R. Caminiti y J. T. Massey, «On the relations between the direction of two-dimensional arm movements and cell discharge in primate motor cortex», *Journal of Neuroscience*, nº 11, 1982, págs. 1.527-1.537.

18. A. P. Georgopoulos, R. Caminiti, J. F. Kalaska y J. T. Massey, «Spatial coding of movement: A hypothesis concerning the coding of movement direction by motor cortical populations», *Experimental Brain Research*, suplemento 7, 1983, págs. 327-336.

19. A. P. Georgopoulos, R. E. Kettner y A. B. Schwartz, «Primate motor cortex and free arm movements to visual targets in three-dimensional space, II: Coding of the direction of movement by a neuronal population», *Journal of Neuroscience*, nº 8, 1988, págs. 2.928-2.937.

20. R. A. Andersen y C. A. Buneo, «Intentional maps in posterior parietal cortex», *Annual Review of Neuroscience*, nº 25, 2002, págs. 189-220.

21. A. P. Batista, C. A. Buneo, L. H. Snyder y R. A. Andersen, «Reach plans in eye-centered coordinates», *Science*, nº 285, 1999, págs. 257-260.

22. C. A. Buneo, M. R. Jarvis, A. P. Batista y R. A. Andersen, «Direct visuomotor transformations for reaching», *Nature*, nº 416, 2002, págs. 632-636.

23. S. Musallam, B. D. Corneil, B. Greger, H. Scherberger y R. A. Andersen, «Cognitive control signals for neural prosthetics», *Science*, vol. 305, nº 5.681, 2004, págs. 259-262.

24. J. R. Wolpaw, «Brain-computer interfaces as new brain output pathways», *Journal of Physiology*, nº 579, 2007, págs. 613-619.

25. T. M. Vaughan y J. N. Wolpaw, «The third international meeting on brain-computer interface technology: Making a difference», *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, nº 14, 2006, págs. 126-127.

26. T. W. Berger, A. Ahuja, S. H. Courellis, S. A. Deadwyler, G. Erinjippurath, G. A. Gerhardt, G. Gholmieh y otros, «Restoring lost cognitive function», *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, vol. 5, nº 24, 2005, págs. 30-44.

27. <www.case.edu/artsci/cogs/donald.html>.

28. D. Gelernter, «What are people well informed about in the information age?», en J. Brockman, comp., *What Is Your Dangerous Idea?*, Nueva York, Harper, 2007.

29. <www.shadow.org.uk/projects/biped.shtml#Anchor-Anthropomorphism-51540>.

30. <www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/research/index.htm>.

31. A. L. Thomaz, M. Berlin y C. Breazeal, «Robot science meets social science: An embodied computational model of social referencing», *Cognitive Science Society Workshop*, 25 y 26 de julio de 2005, págs. 7-17.

32. T. Suzuki, K. Inaba y J. Takeno, «Conscious robot that distinguishes between self and others and implements imitation behavior. Paper presented at: Innovations in Applied Artificial Intelligence, 18th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems», *Lecture Notes in Computer Science*, nº 3.533, 2005, págs. 101-110.

33. M. Donald, «Preconditions for the evolution of protolanguages», en M. C. Corballis y S. E. G. Lea (comps), *The Descent of Mind*, Nueva York, Oxford University Press, 1999.

34. C. Breazeal, A. Brooks, J. Gray, G. Hoffman, C. Kidd, H. Lee, J. Lieberman, A. Lockerd y D. Mulanda, «Humanoid robots as cooperative partners for people», *International Journal of Human Robotics*, nº 1, vol. 2, 2004, págs. 1-34.

35. C. Breazeal, D. Bunschbaum, J. Gray, D. Gatenby y B. Blumberg, «Learning from and about others: Towards using imitation to bootstrap the social understanding of others by robots», *Artificial Life*, vol. 2, nº 11, 2005, págs. 31-62. También en L. Rocha y F. Almedía e Costa, comps., *Artificial Life X*, Cambridge, MA, MIT Press, 2005, págs. 111-130.

36. L. W. Barsalou, P. M. Niedenthal, A. Barbey y J. Tuppert, «Social embodiment», en B. Ross, comp., *The Psychology of Learning and Motivation*, Boston, Academic Press, 2003, págs. 43-92.

37. A. Anderson, «Brains cannot become minds without bodies», en J. Brockman, comp., *What Is Your Dangerous Idea?*, Nueva York, Harper, 2007.

38. J. Hawkins y S. Blakeslee, *On Intelligence*, Nueva York, Henry Holt, 2004, (trad. cast.: *Sobre la inteligencia*, Pozuelo de Alarcón, Espasa-Calpe, 2005).

39. <www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>.

40. <www.aaai.org/AITopics/html/applications.html>.

41. J. Searle, «Minds, brains, and programs», *The Behavioral and Brain Sciences*, nº 3, 1980, págs. 417-457.

42. <http://ist-socrates.berkeley.edu/~jsearle/BiologicalNaturalismOct04.doc>.

43. A. M. Turing, «Computer machinery and intelligence», *Mind*, nº 59, 1950, págs. 433-460.

44. <www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>.

45. J. Sharma, A. Angelucci y M. Sur, «Induction of visual orientation modules in auditory cortex», *Nature*, nº 404, 2000, págs. 841-847.

46. L. von Melchner, S. L. Pallas y M. Sur, «Visual behavior mediated by retinal projections directed to the auditory pathway», *Nature*, nº 404, 2000, págs. 871-876.

47. A. Majewska y M. Sur, «Plasticity and specificity of cortical processing networks», *Trends in Neuroscience*, nº 29, 2006, págs. 323-329.

48. P. Bach y Rita, «Tactile sensory substitution studies», *Annals of the New York Academy of Sciences*, nº 1.013, 2004, págs. 83-91.

49. M. Donald, «Human cognitive evolution: What we were, what we are becoming», *Social Research*, nº 60, 1993, págs. 143-170.

50. E. Pain, «Leading the blue brain project», *Science Careers*, 6 de octubre de 2006, [en línea], recuperado de <http://sciencecareers.sciencemag.org/career_development/previous_issues/articles/2006_10_06/leading_the_blue_brain_project/(parent)/68>.

51. G. Stock, «From regenerative medicine to human design: What are we really afraid of?», *DNA and Cell Biology*, nº 22, 2003, págs. 679-683.

52. N. S. Cohen, A. Chang, H. Boyer y R. Helling, «Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nº 70, 1973, págs. 3.240-3.244.

53. B. D. Brown, M. A. Venneri, A. Zingale, L. S. Sergi y L. Naldini, «Endogenous microRNA regulation suppresses transgene expression in hematopoietic lineages and enables stable gene transfer», *Nature Medicine*, nº 12, 2006, págs. 585-591.

54. S. Hacein-Bey-Abina, C. von Kalle, M. Schmidt y otros, «LMO2- associated clonal T cell proliferation in two patients after gene therapy for SCID-X1», *Science*, nº 302, 2003, págs. 415-419.

55. M. Cavanazza-Calvo, S. Hacein-Bey, G. de Saint Basile, F. Gross, E. Yvon, P. Nusbaum, F. Selz y otros, «Gene therapy of human severe combined immunodeficiency (SCID)-X1 disease», *Science*, nº 288, 2000, págs. 669-672.

56. S. Hacein-Bey-Abina, F. Le Deist, F. Carlier y otros, «Sustained correction of X-linked severe combined immunodeficiency by ex vivo gene therapy», *New England Journal of Medicine*, nº 346, 2002, págs. 1.185-1.193.

57. H. B. Gaspar y otros, «Gene therapy of X-linked severe combined immuno-

deficiency by use of a pseudotyped gammaretroviral vector», *Lancet*, nº 364, 2004, págs. 2.181-2.187.

58. M. G. Ott, M. Schmidt, K. Schwarzwaelder, S. Stein, U. Siler, U. Koehl, H. Glimm y otros, «Correction of X-linked chronic granulomatous disease by gene therapy, augmented by insertional activation of MDS1-EVI1, PRDM16 or SETBP1», *Nature Medicine*, nº 12, 2006, págs. 401-409.

59. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/6609205.stm>.

60. P. J. Renwick, J. Trussler, E. Ostad-Saffari, H. Fassihi, C. Black, P. Braude, C. C. Ogilvie y S. Abbs, «Proof of principle and first cases using preimplantation genetic haplotyping — a paradigm shift for embryo diagnosis», *Reproductive Biomedicine Online*, nº 13, 2006, págs. 110-119.

61. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/5079802>.

62. P. Renwick y C. M. Ogilvie, «Preimplantation genetic diagnosis for monogenic diseases: Overview and emerging issues», *Expert Review of Molecular Diagnostics*, nº 7, 2007, págs. 33-43.

63. J. J. Harrington, G. van Bokkelen, R. W. Mays, K. Gustashaw y H. F. Willard, «Formation of *de novo* centromeres and construction of first-generation human artificial microchromosomes», *Nature Genetics*, nº 15, 1997, págs. 345-355.

64. G. Stock, *Redesigning Humans*, Boston, Houghton Mifflin, 2002.

65. <www.newscientist.com/article.ns?id=dn3451>.

# ÍNDICE ANALÍTICO Y DE NOMBRES

«Esta obra nos proporciona la mejor explicación científica de lo que significa ser humano. Michael S. Gazzaniga, uno de los psicólogos más influyentes del mundo en la actualidad, ha reunido para nosotros toda la información en este nuevo y brillante libro. Con el ingenio y la sencillez que constituyen su marca de la casa, explica los últimos hallazgos de la ciencia de la mente y el cerebro en un ensayo integrador y ameno.»

Steven Pinker, titular de la cátedra Johnstone de Psicología de la Universidad de Harvard y autor de *La tabla rasa* y *El mundo de las palabras*.

«En esta obra brillante y absolutamente fascinante, Gazzaniga destaca como un gigante entre los neurocientíficos, tanto por la calidad de sus investigaciones como por su capacidad de comunicarlas al público en general con un entusiasmo contagioso.»

Robert Bazell, corresponsal jefe de la sección de ciencia del Departamento de informativos de la NBC.

«*¿Qué nos hace humanos?,* transmite la excitación por los nuevos resultados en el campo de la neurociencia cognitiva... lleno de sorprendentes descubrimientos.»

V. S. Ramachandran, doctor en Medicina, doctor en Filosofía, director del *Brain and Cognition Center* de la Universidad de California en San Diego y autor de *Phantoms in the brain.*

www.paidos.com




PAIDÓS TRANSICIONES

83